

分类号_____

密级_____

UDC_____

编号_____

華中師範大學

博士学位论文

基于 WWT 平台的天文教学模式研究

学位申请人姓名: 王琴

申请学位学生类别: 全日制博士

申请学位学科专业: 教育技术学

指导教师姓名: 郑小平 教授

刘三女牙 教授

博士学位论文

基于 WWT 平台的天文教学模式研究

论文作者：王琴

指导教师：郑小平 教授

刘三妍 教授

学科专业：教育技术学

研究方向：教育技术理论、方法与应用

华中师范大学物理科学与技术学院

国家数字化学习工程技术研究中心

2016 年 5 月

Dissertation

A Study on Teaching Models in Astronomy Education based on WWT Platform

By

WANG Qin

Supervisors: ZHENG Xiaoping & LIU Sanya

Specialty: Educational Technology

**Research Area: Theory, Technology and Implementation of
Educational Techonology**

College of Physical Science and Technology

**National Engineering Research Center for E-Learning
Central China Normal University**

May 2016

华中师范大学学位论文原创性声明和使用授权说明

原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的研究成果。除文中已经标明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本声明的法律结果由本人承担。

作者签名： 

日期：2016年5月31日

学位论文版权使用授权说明

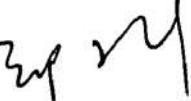
学位论文作者完全了解华中师范大学有关保留、使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属华中师范大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。（保密的学位论文在解密后遵守此规定）

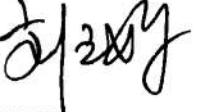
保密论文注释：本学位论文属于保密，在____年解密后适用本授权书。

非保密论文注释：本学位论文不属于保密范围，适用本授权书。

作者签名： 

日期：2016年5月31日

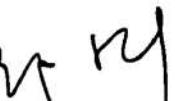
导师签名： 

日期：2016年5月31日 

本人已经认真阅读“CALIS 高校学位论文全文数据库发布章程”，同意将本人的学位论文提交“CALIS 高校学位论文全文数据库”中全文发布，并可按“章程”中的规定享受相关权益。同意论文提交后滞后：□半年；□一年；□二年发布。

作者签名： 

日期：2016年5月31日

导师签名： 

日期：2016年5月31日 



摘要

天文学是基础科学之一，它对人类认识宇宙及发展科学技术有重要意义。天文教育需要承担起培养天文研究型人才，加强人们天文科学素养的重责。然而，我国当前天文教育的结构呈现倒挂的形式。教学过程还因教学对象的特殊性存在直接经验有限、户外观测困难、以讲授为主且缺乏趣味性和互动性、专业师资匮乏、数字化教学资源零散等困难。天文教育研究相对落后，缺乏对天文教学模式的探讨。在教育信息化快速发展的进程中，信息技术与课程整合成为我国教育改革的新视点。本研究将在先进的教育理论和思想的指导下，探讨信息技术与天文教学整合的意义和方式、天文教学模式的内容和建构方法，突破信息技术在天文教学中作为演示工具的局限性，将天文教学变革为在信息技术的支持下发挥教师主导作用又能让学生自主、探究、创新的教与学过程，提出适应多种教学目标和条件的信息化教学模式，有效改善天文教学的困境。WorldWide Telescope（以下简称 WWT）是一款将空间及地面诸多大型望远镜采集的真实科学数据整合在一起，通过可视化和无缝拼接等技术形成一个“虚拟现实”的全波段数字星空软件。基于该平台，本研究建构了三种新型的天文教学模式并实施教学实践。具体研究内容、方法和结论如下：

（1）从建构主义理论、多媒体学习认知理论、多元智能理论以及基于科学数据的天文教育理念出发分析信息技术与天文教学整合的意义。以 WWT 为典型信息技术，从技术的角度分析此平台的特点和优势。总结 WWT 与天文教学整合的具体方式，其中包括 WWT 作为学习对象、演示工具、个别辅导工具、资源环境、信息加工工具与知识建构工具、研发工具的多层次整合方式。在实际天文教学过程中将更深层次的整合作为目标。

（2）按要素分析的方法解读天文教学模式的主要内容。天文教学模式的理论基础离不开信息技术与天文教学整合的理论，以及对现代教学起重要作用的学习理论；教学的目标是利用信息技术（WWT）实现既能发挥教师主导作用又能让学生自主、探究、创新的教与学方式，提高教学效果、培养天文信息素养（特别是数据素养）及其它能力；操作程序视具体的教学模式而定；实现条件则是从教师、学生、媒体、内容进行分析和补充；评价方式则注重过程性和多元性。

（3）初步提出三种教学模式的建构方法。理论-演绎法是指从教学理论与教学思想出发，结合具体的教学目标设计相应教学模式的方法；借鉴-创新法是指教师借鉴已有的成熟的教学模式，结合新课程的教学内容，融会贯通地实施教学并实现创新。它包括迁移式创新和整合式创新；经验-归纳法是指教师通过长期的教学实践发现自己或他人的教学存在某种模式，按照教学模式的五要素总结出新教学模式的方法。这三种方法也是本研究建构具体天文教学模式时所采用的方法。



(4) 建构混合讲-探-创的天文教学模式并进行教学实践。基于大学天文选修课改革的需求，在讲授、探索、创新、混合学习等教学理论与思想的指导下，本研究利用理论-演绎法建构出此混合型模式。该模式是一种半开放式的课堂教学，既保留了传统讲授式课堂教学传授大量知识的优越性，又提供了探索式学习的机会，还为学生创作创新提供平台。在实施教学实践后，本研究分析了学生作品，发现绝大多数学生能综合利用信息技术独立创作漫游作品，展现所学知识与创意。通过问卷调查，得知学生认同 WWT 软件的应用、课程的设置及期末考核的方式。这些都初步证明了混合讲-探-创的天文教学模式的有效性。

(5) 本研究利用借鉴-创新法建构出基于项目的天文探究教学模式，结合天文学科特色提出实现条件。该模式既具备项目学习的基本特征与优势，又非常适应在当前倒挂的天文教育结构中开展教学。在实施基于大学生“探究中国古星图”项目教学实践后，本研究展开了访谈调查。结果显示，学生学习到中国星空知识和探究方法，提高了对天文的兴趣以及信息素养，证明了此天文探究教学模式的有效性。在此项目中，利用 WWT 可视化中国古星图是一种极具创新性的研究成果，它不仅被应用于天文教学的研究性训练，它对我国传播中国古星图文化有重要意义。

(6) 本研究利用经验-归纳法，基于在美国中学实施“月相与食”的 WWT VizLab 教学研究，建构出基于交互式漫游的天文辅导教学模式。该教学模式在 VizLab 教学过程中体现出辅导功能以及多种优势，例如有效避免实物模型缺陷，帮助知识建构，突破时空限制，节省教师工作量，实现自适应学习。本研究提出了辅导式交互漫游的设计框架，并衍生出练习式交互漫游。

综上所述，本研究是从理论和实践两个维度对基于 WorldWide Telescope 的天文教学模式的建构与实践展开探索。它是根据信息技术（WWT）在天文教育中的优势，在先进的教育理念和基于科学数据的天文教育思想的指导下，以现代学习理论为基础，以教学模式为落脚点，建构天文教学的理论与实践框架。本研究提出的天文教学模式内容、建构方法以及三种具体的教学模式能被广泛应用于天文教学，体现了本研究在天文教育中的意义和教育技术学研究领域的创新。

关键词：天文教育；教学模式；WorldWide Telescope (WWT)；信息技术；探究；科学数据；创新



Abstract

Astronomy is one of the basic science disciplines. It is significant to the understanding of the universe and the development of science and technology. Astronomy education has to take the responsibilities to raise researchers and enhance people's astronomy literacy. However, the structure of astronomy education in China is inverted. There are also many difficulties caused by the special objects in teaching astronomy, including limited direct experience, few field observations, lecture strategy in most classes which lack of fun and interaction, lack of professional teachers, and scattered e-resources. Astronomy education research has fallen behind other disciplines and missed discussion on teaching model. During the accelerated progress of e-education, integrating information technology (IT) into curriculum has been the new viewpoint in Chinese education reform. This thesis will discuss how to integrate IT into astronomy education and how to construct astronomy teaching models under the guidance of advanced education theories. It breaks the limitation that IT only functions as presentation tool in astronomy education. Meanwhile, astronomy education will transform into instructor-guided teaching, student-centered learning, inquiry and innovation under the support of IT. Specific teaching models have been built to meet multiple targets and conditions in astronomy education. WorldWide Telescope (WWT) is a platform which brings authentic science data from large space-based and ground-based telescopes together to visualize a seamless "virtual reality" digital sky in multi-waveband. Three kinds of teaching models have been built and implemented based on WWT in astronomy education. More detailed contents, methods and conclusions are as follows:

(1) The significance of integrating IT into astronomy education has been analyzed from the point of Constructivism, Cognitive Theory of Multimedia Learning, Theory of Multiple Intelligences and the concept of Astronomy Education based on Science-Data (AESD). WWT is a kind of typical IT, and its features are analyzed from the point of technology. This thesis has summarized the methods of integrating WWT into astronomy education including WWT as learning object, presentation tool, tutorial tool, information resource, information processing tool, knowledge construction tool, and research tool. Deeper integrating would be the goal in astronomy education implementation.

(2) The main contents in astronomy teaching model are interpreted one by one on key elements: The basis of theories contains Integrating IT into Astronomy Education, and Learning theories which are important to modern education. The goal is making the education into instructor-guided teaching, student-centered learning, inquiry and innovation with the support of IT. It would stimulate interest



and develop teaching effects, astronomy information literacy (especially data literacy), etc. The procedure depends on the specific teaching model. The prerequisites should be analyzed and added based on teacher, student, teaching media and content. The evaluation should be more process-oriented and multiple.

(3) This thesis preliminary puts forward three methods to construct models. Theory-Deduction method starts with education theories and specific teaching goals, and then deducts the teaching model. Reference-Innovation is the method that takes some efficient teaching models as references, integrates the existed model into new curriculums, and goes to innovation in teaching. It includes migrating and integrating strategies. Experience-Summary method means that teacher finds pattern from education experience, and summarizes new model by its five key elements. These are the methods of building specific astronomy teaching models.

(4) Blending Lecture-Inquiry-Creation Model has been constructed and implemented in astronomy education. On the demand of reform on astronomy elective course in university, this blending model is constructed under the guidance of multiple theories via Theory-Deduction method. It is a kind of half-opened teaching model which keeps the superiority of lecture in traditional class and also offers opportunities for students' inquiry and innovation. After the implementation, this research analyzes the tours. It shows that most students can make tours independently by using multiple ITs to present knowledge and originality. Answers from the questionnaire express students' acceptance of WWT, curriculum and finals. These evidences have preliminary proved the efficiency of this Blending Model.

(5) Project-Based Astronomy Teaching Model has been constructed via Reference-Innovation method. This research points out its prerequisites based on the peculiarity of astronomy discipline. This teaching model not only has many advantages that Project-Based Learning has, but also adapts to the inverted structure of astronomy education at present. Students participated in interviews after they had finished "Explore the Chinese Sky" project. The results show that students have learnt Chinese Sky and the method to inquiry, promoted interest and information literacy. These evidences have proved the efficiency of this model. In this project, visualizing the Chinese sky by WWT is a very innovative work. It is an example of research training in astronomy education. It has great significance of spreading Chinese Sky culture.

(6) The model of astronomy tutorial base on interactive tour is built on the "Moon Phases and Eclipse" WWT VizLab education research in American middle schools via Experience-Summary method. This model shows its tutorial function in VizLab education. It has many advantages, such as avoidance of defects from physical models, no limits to space and time, saving teachers' workload,



and achieving adaptive learning. This thesis has put forward the design structure of interactive tour for tutorial purpose. The exercise purpose interactive tour is its ramification.

To sum up, this thesis is a study on astronomy teaching model based on WorldWide Telescope in theory and practice dimensions. Taking advantages from information technology (WWT) to astronomy education, this research builds the framework of astronomy teaching model under the guidance of advanced education theories and the concept of AESD, with the basis of learning theories. This thesis has put forward the main content and the method of building astronomy teaching model. Three specific teaching models constructed by this research could be used widely in astronomy education. These have shown the significance in astronomy education and innovation in educational technology area.

Key Words: Astronomy Education; Teaching Model; WorldWide Telescope (WWT); Information Technology; Inquiry; Science Data; Innovation



目 录

摘要.....	I
Abstract.....	III
第一章 绪论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究问题.....	4
1.3 研究方法.....	5
1.3.1 文献分析法.....	5
1.3.2 行动研究法.....	6
1.3.3 问卷调查法.....	6
1.3.4 访谈调查法.....	7
1.4 研究意义与创新.....	7
1.4.1 研究意义.....	7
1.4.2 创新之处.....	8
1.5 论文架构.....	9
第二章 相关工作基础.....	11
2.1 天文教育现状.....	11
2.1.1 天文教育的内容.....	11
2.1.2 我国天文教育的结构.....	12
2.1.3 我国天文教育的困难.....	16
2.2 信息技术与天文教学整合的指导理论	19
2.2.1 国内外信息技术与课程整合理论.....	19
2.2.2 先进教育理论指导下的“整合”	22
2.2.3 基于科学数据的天文教育思想	26
2.3 基于 WorldWide Telescope 的天文教育	30
2.3.1 WWT 的发展历程.....	30
2.3.2 WWT 的技术特点.....	31
2.3.3 WWT 与天文教学整合的方式.....	33
2.3.4 基于 WWT 的天文教育案例.....	41
第三章 天文教学模式的建构	45
3.1 教学模式的概述.....	45
3.2 天文教学模式的要素分析.....	46



3.2.1 理论基础.....	47
3.2.2 教学目标.....	50
3.2.3 操作程序.....	52
3.2.4 实现条件.....	54
3.2.5 评价方式.....	55
3.3 建构教学模式的方法.....	57
3.3.1 理论-演绎法	57
3.3.2 借鉴-创新法	59
3.3.3 经验-归纳法	60
第四章 混合讲-探-创的天文教学模式.....	63
4.1 理论基础.....	63
4.1.1 “讲授”的理论基础.....	63
4.1.2 “探索”的理论基础.....	67
4.1.3 “创作”的指导思想.....	68
4.1.4 混合模式的指导思想.....	70
4.2 模式内涵.....	71
4.2.1 基本特征.....	71
4.2.2 教学流程.....	72
4.2.3 实现条件.....	76
4.3 教学实践.....	78
4.3.1 教学环境.....	78
4.3.2 教学目标.....	78
4.3.3 教学内容.....	79
4.3.4 教学过程.....	80
4.3.5 教学效果.....	81
4.4 教学反思.....	87
第五章 基于项目的天文探究教学模式	89
5.1 项目学习模式.....	89
5.1.1 定义.....	89
5.1.2 理论基础.....	89
5.1.3 特征与优势.....	91
5.1.4 要素与流程.....	92
5.1.5 实现条件.....	93



5.1.6 评价方式.....	95
5.2 案例：探究中国古星图.....	96
5.2.1 教学对象分析.....	96
5.2.2 教学实施过程.....	97
5.3 教学评价.....	100
5.4 教学反思.....	104
第六章 基于交互式漫游的天文辅导教学模式	107
6.1 建模背景.....	107
6.1.1 WWT VizLabs 简介.....	107
6.1.2 基于实物模型的“月相”课程.....	108
6.1.3 基于虚拟模型的“月相”课程.....	110
6.1.4 “月相”交互式漫游的设计.....	111
6.1.5 教学效果.....	116
6.2 基于经验的模式建构.....	119
6.2.1 理论指导.....	119
6.2.2 操作程序.....	120
6.2.3 模式优势.....	123
6.2.4 实现条件.....	123
第七章 总结与展望.....	125
7.1 研究内容与结论.....	125
7.2 未来工作展望.....	127
参考文献.....	129
附录一：《太阳系》漫游脚本.....	141
附录二：《苍穹的奥秘》课程问卷试题.....	143
附录三：可视化中国古星图经验总结.....	145
附录四：探究中国古星图项目访谈提纲.....	153
附录五：WWT VizLab 教学模块教案	154
附录六：WWT VizLab 教学随堂练习册	157
附录七：WWT VizLab 教学实验测试题	162
在读期间获得的科研及其它成果	169
致 谢.....	171



图目录

图 1-1 WorldWide Telescope 平台的主界面	3
图 1-2 论文架构	10
图 2-1 梅耶多媒体学习认知模型.....	24
图 2-2 可视化天文科学数据与数值模拟的数字星空对比.....	32
图 2-3 WWT 作为资源环境	38
图 2-4 WWT 可视化脉冲星在天空中的分布.....	41
图 2-5 WWTA 在试点学校的实验结果	43
图 3-1 建构教学模式的要素.....	47
图 3-2 教师、学生、内容、媒体的相互作用.....	54
图 3-3 理论-演绎法建构教学模式流程	57
图 3-4 混合讲-探-创的天文教学模式框架.....	59
图 3-5 借鉴-创新法建构教学模式流程	60
图 3-6 经验-归纳法建构教学模式流程	61
图 4-1 创造、创作、创新的关系.....	68
图 4-2 混合讲-探-创的天文教学流程	72
图 4-3 WWT 在混合讲-探-创的天文教学模式中的支撑作用	77
图 4-4 学生制作《宇宙中的地球》漫游的内容框架.....	82
图 5-1 项目学习模式的操作流程	93
图 5-2 中国古星图之天市垣、参宿	98
图 5-3 中国古星图数据表格样例	98
图 5-4 “天上的街市”漫游截图	100
图 5-5 学生完成基于项目的学习成果	100
图 5-6 学生完成中国古星图探索后对天文的兴趣	102
图 5-7 “漫步中国星空之紫微垣”漫游截图.....	104
图 6-1 实物模型探究月相变化的教室环境	109
图 6-2 探究月相实物模型中存在的缺陷	110
图 6-3 WWT 漫游讲解太阳系中的天体总是有一半被照亮.....	112
图 6-4 WWT 交互式漫游提示学生动手探索	113
图 6-5 WWT（左）和随堂作业（右）提出的同一问题	114
图 6-6 对探究问题做出初步的猜想	114
图 6-7 对随堂作业中问题 3.4 的探究过程	114



图 6-8 探究问题结束后的反思	115
图 6-9 提前完成漫游探究活动的学生在拓展学习中与教师讨论的场景	116
图 6-10 学生前后测迷思概念的 KI 分数变化	119
图 6-11 辅导式交互漫游的基本设计框架	121
图 6-12 练习式交互漫游的基本设计框架	122

表目录

表 2-1 WWT 与天文教学整合的方式	33
表 2-2 WWT 作为学习对象的内容	35
表 3-1 漫游评价量表	56
表 4-1 《苍穹的奥秘》WWT 实验课程计划	79
表 4-2 漫游主题及评分统计	81
表 4-3 参与调查的学生性别与专业分布	83
表 4-4 学生对 WWT 实验课的态度	83
表 4-5 学生对 WWT 软件的态度	83
表 4-6 学生认为 WWT 软件所具备的教学优势	84
表 4-7 学生认为对 WWT 软件有影响的因素	84
表 4-8 学生对期末考核方式的态度	85
表 4-9 WWT 功能熟悉度与作品满意度的相关性分析	86
表 4-10 学生对期末考核方式的建议	86
表 5-1 项目学习模式的特征与优势	91
表 5-2 基于项目的天文探究教学模式的实现条件	93
表 5-3 项目学习模式中的三种评价方式	95
表 6-1 学生态度配对样本统计	117
表 6-2 学生态度配对样本 t 检测	117
表 6-3 学生答题配对样本统计	117
表 6-4 学生答题配对样本 t 检测	117
表 6-5 因变量为后测分数的线性回归分析结果	118
表 7-1 三种具体教学模式的对比	127



第一章 绪论

1.1 研究背景

天文学是一门研究天体和宇宙的科学，具体探索天体和天体系统的分布、活动、结构和演化等性质和规律。在古代，人类就开始夜观天象制定历法，指导农耕与畜牧。自 16 世纪起，哥白尼、伽利略、开普勒等科学家在天文学上取得了划时代的成就。随着工业的发展，技术的革新，20 世纪的天文学已进入全波段^[1]时期，使得人们发现了脉冲星、类星体、星际分子以及宇宙微波背景辐射。在信息技术迅猛发展的今天，空间探测器、地表大型光学望远镜及射电望远镜阵列产生的海量科学数据推动着天文学进入数据密集型的科学发现时代，促使人们探索最早期、最遥远、最大尺度宇宙的奥秘。天文学的研究成果在时间校准、大地测量、人造卫星、导航服务等领域有着重要应用。

国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）^[1]中指出，天文学是与数学、物理学、化学、地球科学、生物学同等地位的基础学科，应重视其基本理论和学科建设，全面协调地发展各学科。国家“十一五”基础研究发展规划^[2]中提到，未来十五年我国天文学的重点发展方向是在不同尺度、不同时标、各种极端条件、所有物理规律共同起作用的天体物理学。“十二五”期间，空间和天文科学为国家重点扶持的重大科技基础设施建设领域之一，促进了中国南极天文台和高海拔宇宙线观测站的积极建设^[3]。为实现国家宏大的发展战略目标，推动国家的“十三五”发展，除了引进海外人才，培养我国本土的天文人才将是最可靠的、持续的战略举措。天文教育要承担起培养天文研究型人才的责任，树立造就一批具有世界影响力的科学家和研究团队的目标。

学习天文是人类认识自然的重要部分，也是人们进一步探索宇宙规律的基础。即便未来不从事天文学研究的相关工作，人们也应该具备基本的天文科学素养。但天文一直以来都被人们视为一种高深而神秘的学科，在不了解该学科的基础上通常会对许多自然现象产生畏惧心理。例如中国古代有“天狗吃月”的说法，当人们面对月亮一反常态出现缺失时，自然联想到了妖怪做坏或神仙发怒。在美索不达米亚文化中，月食被认为是最不吉祥的天文现象之一。它常常预示着大大小小的战争、瘟疫、荒灾，甚至国王的去世^[4]。现代人虽然不再相信这些，但是他们对这些自然现象的原理还是缺乏基本的科学认识。许多人会误认为四季是由日地距离的变化产生的，北极星是最亮的星，月亮只在晚上出现，月相是由地球的影子造成的等等^[5]。天文教

^[1] “全波段”是指电磁辐射的所有波段，它由低频率到高频率主要分为无线电波（射电）、微波、红外线、可见光、紫外线、X 射线、伽马射线。



育有必要让受教育者正确地认识斗转星移、月相变化等天文现象，科学地学习自然规律，客观地面对神话传说，仔细辨别谣言与谬论，理性地对待占星学上将星座与个人性格及运势相关联的诱导。而且，天文学被认为是人类认识自然、学习基本科学原理的最好工具^[6]。

作为一门基础科学，天文学在人类的科学探索历程中有重要地位。物理学家更是将宇宙视作现代高能物理研究的天然实验室。培养天文专业研究人才和提高公众的天文素养对现代科技和社会发展具有重要意义。然而，纵观国内整体天文教育结构，它呈现一种倒挂的形式。研究生天文教育布局广泛，教学内容直接为研究项目服务。大学专业天文教育单位数量骤减，入学的门槛较高，毕业时还面临大量专业人才的流失。非专业天文教育单位保持广泛的布局，教学内容并无统一标准，教学方法以讲授为主。中学教育中没有天文课程，其内容只在地理、物理、科学等学科中体现。教师多以天文选修课或社团形式组织学习，与美国天文教育有较大的差距。

不仅如此，我国天文教学还面临着种种困难，例如天文教学内容的特殊性，使得学习者很少有直接经验；由于时间、天气、光污染及设备等因素使得户外观测活动难以开展，学习者很难见到真实的星空；当前的天文教学以讲授为主，缺乏趣味性与互动性，更是少有创新性成果；基础教育缺乏专业的天文师资；天文相关的信息技术、网络资源零散，不易整合至教学；天文教育研究少，没有天文教学模式的相关成果可以直接拿来借鉴。这些困难阻碍了天文教学的发展，传统的天文教育亟待新兴技术的改革。

随着信息技术的快速发展，现代教育正面临着一场深刻的变革，即教育信息化(e-Education)。它是指在教育领域运用现代化信息技术来促进教育发展的过程，其结果是形成一种新的教育形态—信息化教育^[7]。我国于 2010 年发布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010-2020 年）》中明确指出：“信息技术对教育发展具有革命性影响，必须予以高度重视”^{[8].418}。从一定程度上讲，信息技术不仅从手段和形式上改变了传统教学，促进了教和学的转变，更从教育理念和教学设计等层面赋予了教育以新的内涵。在教育信息化过程中，“信息技术与课程整合”是我国面向 21 世纪基础教育教学改革的新视点，是与传统的学科教学有着密切联系和继承性，又具有一定相对独立性特点的新型教学类型，对它的研究与实施将对发展学生主体性、创造性和培养学生创新精神和实践能力具有重要意义^[9]。为了改善天文教育倒挂的结构，克服教学内容不直观、难以交互的困难，培养学生探索、创新的能力，我国天文教育应该从信息技术与课程整合方面寻找突破口。

通过对相关文献的梳理，笔者发现在我国现代天文教学中，最典型的信息技术与课程整合的案例就是教师使用 Stellarium^[10]，Celestia^[11]，Starry Night Pro^[12]等天文软件。有的学校则尝试将电子双板与天文软件等多种信息技术整合于教学^[13]。有的学校还建成了主题性的数字化地理教室，它成为地理（包含部分天文）教学、研究、活动、科普的首选场所^[14]。但是这些课程较为零散，信息技术的应用大多停留在演示层面，极少部分能够让学生参与互动与探究。目前也没有提炼出针对天文教学的系统的模式。还没有实现信息技术与教学内容以及教学过程有效



地融合在一起，创造出一种新的教学环境，充分发挥学生的积极性、参与性、创造性，实现既能充分发挥教师主导作用又能体现学生主体地位的以“合作、自主、探究”为特点的学与教的方式，改变以教师为中心传统的课堂教学结构，培养学生实践能力和创新精神^[15]。

WorldWide Telescope（以下简称 WWT）是微软研究院于 2008 年发布的一款免费天文软件平台。它是基于虚拟天文台的理念，将空间及地面诸多大型望远镜采集的真实科学数据整合在一起，通过可视化和无缝拼接等技术形成一个“虚拟现实”的全波段数字星空，如图 1-1。WWT 采用图层式的资源管理方式，通过设置图像透明度的方式将多个波段的观测结果进行对比。该平台给出了所有图像来源的链接，用户能轻松地访问到分布在世界各地的天文数据、图像、文献资料等信息。WWT 最大的特色在于创作基于幻灯片的漫游，不仅能以影片的形式自动播放教学内容，还能成为辅导工具供学生进行交互探索。它在天文教学中是一种学习对象，也能作为信息加工工具、知识建构工具以及研发工具多层次地整合至天文教学中。

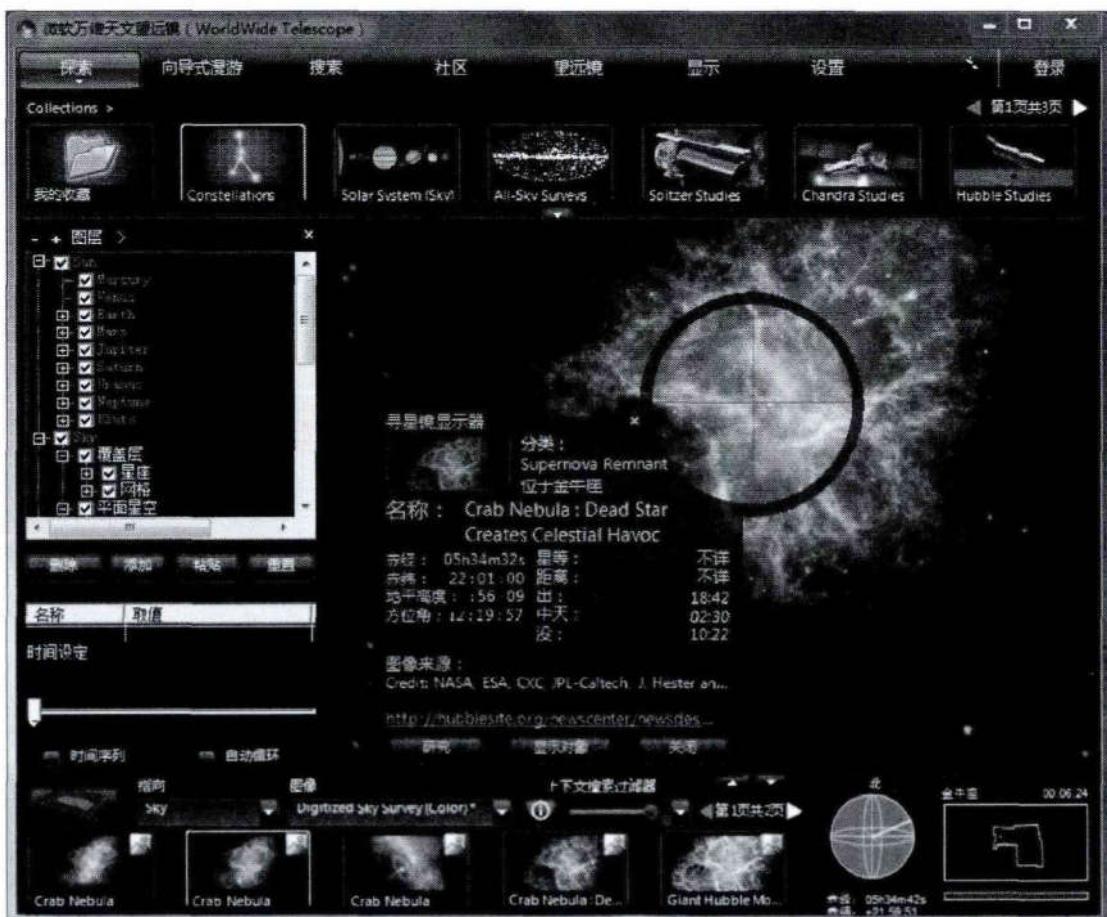


图 1-1 WorldWide Telescope 平台的主界面

自 WWT 软件平台发布以来，国内外学者以不同研究课题实践虚拟天文台理念或 WWT 在天文教育与科普、科技创新中的应用，并获得一些结论。例如，华中师范大学的乔翠兰等人在



大学天文学专业选修课及公选课应用 WWT，他们认为 WWT 有利于提高天文学课堂教学的效果，有利于培养学生提出问题、分析问题、解决问题和批判性创造性思维的能力^{[16][17]}。广州大学的邓璐兵认为应用 WWT 增长了中学生天文知识的同时，锻炼了学生的合作能力、探究解决问题的能力，培养了学生科学素养，激发了学生探索宇宙的兴趣，实现了学生主动建构体验学习的过程，使得沉闷的课堂“活”了起来，改变了传统天文教学方式、学习方式，深受学生的喜爱，教学效果明显^[12]。国家天文台等单位主办的“WWT 教师培训”已经连续举办了五年，获得培训的老师及学生多达 200 多人，受众辐射至全国各地高校、中学、科技馆等众多单位。美国哈佛大学的 WWTA 项目组通过教学实践验证了使用 WWT 有助于提高学生对天文或科学的兴趣，对学习月相有显著的帮助^[18]。虽然目前国内外基于 WWT 的天文教学研究不多，但是从已有文献中可以看出 WWT 在天文教学与科普中有巨大的应用潜力。

天文教学研究领域广泛，笔者为提高教学理论的可操作性、教学实践的指导性选择教学模式作为本研究的落脚点。教学模式是指基于一定教学理论，为达成特定的教学目标，在教育实践中形成的系列教学活动的框架和程序。教学模式为教学理论运用于实践提供指导程序，是教学结构在具体教学过程中展开的教学形式，它同时又直接面向和指导教学实践。教学模式的具体性、概括性、可操作性使其成为教学理论与教学实践之间的桥梁。它在当前我国天文教育研究成果不多的背景下具有很广的实用价值。

因此本文意图从我国天文教育的现状出发，依据信息技术与天文教学整合的指导理论，挖掘 WWT 软件平台的发展及技术特点，理清 WWT 与天文教学整合的方式。然后具体分析天文教学模式中各要素的主要内容，提出建构教学模式的基本方法。在此基础上，本研究根据这些方法建构具体的教学模式并实施教学实践。期望这些教学模式的阐述能够为一线的天文教师提供参考与借鉴，鼓励广大师生利用信息技术与天文教学进行整合，以此出发开创更多有效的教学模式与教学方法，充分利用 WWT 及虚拟天文台等信息技术促进天文研究型人才以及天文科学素养的培养。本研究尝试弥补国内关于天文教育、天文教学模式研究的欠缺，为未来基础天文教育以及高等天文教育建设提供参考。

1.2 研究问题

基于天文教育的目的以及面临的困难，信息技术与课程整合的教育改革等背景的阐述，本研究旨在以 WorldWide Telescope 软件平台为信息技术手段，论述天文教学模式的内容及建构方法，并提出多种新型的、基于信息技术的、具体的天文教学模式。在详细阐述这些教学模式之前，本研究首先要回答以下三个问题：

- (1) 为什么选择以 WWT 软件平台为信息技术手段，它有哪些特点与优势？
- (2) 以 WWT 为例的信息技术是如何整合至天文教学中的？



(3) 如何建构天文学科的信息化教学模式?

在对 WWT 软件平台和建构天文教学模式的方法有清晰的认识后, 本研究开始考虑要建构怎样的天文教学模式。因为天文教学研究处于初级阶段, 对教学模式的研究并不深入, 且单一的教学模式并不能适应天文教育中多样的教学目标及教学条件, 所以本研究基于信息技术与天文教学整合的思想, 带着以下问题建构最常用且高效的天文教学模式:

(1) 如何建构一种教学模式, 使其既保持天文讲授式课堂教学的高效性, 又能让学生有探索和创新的机会? 这种教学模式能很好的适应现有的天文课堂教学, 能使讲授过程变得直观而生动, 有利于提高教学效果, 提高学生的探究技能、创新思维、创作技能等。

(2) 如何建构一种教学模式, 使其能让学生利用课余时间实施天文探究性学习, 并获得创新成果? 这种教学模式适合没有正式天文课程的条件下依然对天文非常感兴趣的学对象, 它更强调培养学生的天文信息素养(特别是数据素养)、探究能力和创新能力。

(3) 如何建构一种教学模式, 使其不依赖教师的指导, 在信息技术和教学资源的支持下让学生开展自主探究的学习? 这种教学模式替代了教师的部分职能, 使得学生能够开展自适应性学习、探究、复习、测验等活动。

本研究会对每种教学模式的理论基础、教学目标、特征优势、操作程序、实现条件以及评价方式进行阐述, 通过教学实践或教学案例介绍每种教学模式的具体实施情况。

1.3 研究方法

1.3.1 文献分析法

文献分析法是研究者对记录前人已有知识的语言、文字、图形、符号、声频、视频等载体进行查询、鉴别、整理、分析, 应用逻辑推理探索事物之间有机联系的一种研究方法。其特点是在资料分析的基础上进行历史性、灵活性、继承性、批判性、比较性和创新性的分析, 有助于界定研究问题, 寻求调查的新思路, 避免无效的研究方法, 获得有效的研究方法, 识别进一步研究的建议和寻求新理论的支持^[19]。

在课题准备阶段, 笔者通过中文数据库如 CNKI 中国学术期刊网络出版总库、CNKI 中国期刊网优秀硕博论文全文数据库、中国科技论文在线、维普期刊资源整合服务平台、中国社会科学研究数据库等, 外文数据库如 EBSCO Academic Source Premier、CALIS 外文期刊网、Elsevier Science Direct Online、Springer 全文数据库等查阅当前国内外有关教育信息化、信息技术与课程整合、教学模式、天文教育现状以及基于科学数据的天文教育应用案例的科技文献; 通过华中师范大学图书馆、教育学院借阅室、物理学院借阅室等地方寻找相关图书、期刊、杂



志、电子媒体资源等；通过网络搜集国内外教育政策、教育纲要、教育改革策略、天文教育项目、专家评论等资源。在彻底阅读与分析这些文献资料的基础上，总结归纳了国内天文教育的现状，基于 WWT 平台的天文教育背景，信息化教学模式的内容。在此基础上，初步提出教学模式的建构方法，建构适用于天文教育的教学模式，并为每种教学模式寻找相应的理论基础。

1.3.2 行动研究法

行动研究法是指在自然、真实的教育环境中，教育实际工作者按照一定的操作程序，综合运用多种研究方法与技术，以解决教育实际问题的首要目标的一种研究模式。由此看出，行动研究的研究者是实际工作者，研究过程是循环往复的过程，研究的目的指向问题的解决和行为的改进。行动研究的过程一般包括问题的提出、问题的归因、措施与行动、评估与反思四个循环的阶段。作为应用研究的教育行动研究，其特点可以概括为：以问题解决为向导，以教师实际工作中的问题为题材，重视与校外专家的伙伴关系，重视研究过程对教师观念和行为所带来的变化与改进，是一个循环往复不断修正的过程^{[20].9}。

在本研究中，行动研究法是一种重要的研究方法。它直接影响教学实践的过程，同时促进教学模式的提炼。笔者在大学天文选修课中担任助教，直接以讲课的方式参与基于 WWT 的天文教学实践。在此课程中，笔者以提升学生的学习兴趣，促进学生自主探索，教会学生制作漫游，最终鼓励学生独立创作作品为目标，亲自设计教学内容，思考教学方法，观察学生在课堂上的行为表现。课后反思教学效果，不断在设计-实施-观察-反思中加深对教学过程的认识，从而从中提炼有效的教学模式。在美国中学的月相变化课程中，笔者也是以助教的身份出现在课堂上。不直接参与讲课，而是以辅助人员和观察者的身份参与整个教学实践。通过对班级学生前测、后测以及学生个体成绩变化的追踪，教学过程中的特殊情况进行记录等方式，与授课老师交流教学内容，调整教学计划，总结经验。这些对解决教学中的实际问题非常有效，为提炼基于 WWT 软件平台的天文教学模式很有帮助。

1.3.3 问卷调查法

问卷调查法，即以问卷为工具来收集资料的一种常用教育调查研究法。研究者把所要研究的问题设计成有问有答的形式，按一定的规则排列，编制成书面的问题表格，要求研究对象作出填答，即是问卷。问卷调查的特点有：①标准。问卷调查由于是按照统一设计好的问卷为工具和以固定格式而进行研究，保证了问卷调查的科学性和准确性。②效率高。问卷调查可以在较短时间内收集到大量资料，是一种省时省力效率高的研究方法。③范围广。许多调查都可以采用这种方式^[21]。



本研究中使用的调查问卷包含三部分，第一部分为说明语，第二部分为被调查者基本信息，第三部分为具体问题与选项。该问卷主要是为了调查学生使用 WWT 软件平台学习后的感受，以及他们对期末考核方式的评价。此问卷是一套以结构型为主加三个开放性问题的综合型问卷。结构型问卷不仅提出问题，还提供可选择的答案，被调查者根据自己的情况在所列出的答案内进行选择。这些题目大多数是按照李克特量表（Likert scale）设置，即以一组与 WWT 实验课相关的问题来调查学生对混合讲-探-创教学过程的态度和评价。大多题目采用五级量表形式，即对量表中每一题给出表示态度积极程度等级的五种备选答案如“非常喜欢”、“比较喜欢”、“一般”、“不太喜欢”、“完全不喜欢”，并分别以 5、4、3、2、1 为答案赋值。将量表中各题得分累加后即可得出态度总分，它反映了被调查者对某事物或主题的综合态度，量表总分越高，说明被调查者对某事物或主题的态度越积极。将总分平均后还能得出被调查者对某事物的平均意向^[22]。开放性问题是以问答题的形式出现，深度调查学生的内心想法，但被调查者的意愿不强烈时会略过此题。回答内容相似的被调查者可以放到一起进行统计分析。

1.3.4 访谈调查法

访谈调查法是研究者通过与研究对象进行交谈的形式来获得调查资料的一种研究方式，也是教育调查中的一种常用方式，通过访谈调查，可以了解人们的态度、情感、思想观念，从而对他们的各种心理与行为特征进行多方面分析。其特点是灵活性强，可直接获取资料，且可靠性高^[21]。处于同一时空的面对面访谈是最直接的形式。在信息技术的支持下，访谈也可以通过视频、电话、聊天工具进行，虽然不处于同一地点，但也保证了访谈对话的实时性。在大学生利用 WWT 软件完成中国古星图可视化的项目后，笔者为了了解参与者内心的想法，选择了访谈的方式进行调查。除了向被访者问及核心问题以外，笔者还在访谈过程中根据被访者的回答提出拓展问题，深度挖掘被访者的态度。每个被访者的交谈时间为半小时左右。

1.4 研究意义与创新

1.4.1 研究意义

天文学是基础学科之一，其研究成果是当前科学技术发展以及人类对宇宙的认识等基础问题研究的极大动力。为了天文学的可持续发展，特别是我国大型天文望远镜设备的建设以及国际合作的火热进行，天文教育需要培养更多人才。这些专业人才更注重天文信息素养（数据素养）、创新能力、协作能力等。然而，天文教育在我国教育体制中一直处于弱势状态，且对天文



教育的研究非常少。因此本研究总结了当前国内天文教育结构，希望通过阐述我国天文教育的现状引起人们对天文教育的关注和思考。

在信息技术快速发展的时代，科学研究及教育都将信息化视为当前改革的重要战略。天文学家的科学研究早已走在信息化的前列，天文教育也在向信息化转变。信息技术能改善天文教学缺乏互动与趣味性的不足，能弥补学习者很难见到星空的缺憾，一个功能强大的软件平台能避免多项信息技术的整合以及资源的零散分布，为学生提供探索创新的机会。因此，让一线教师学会将信息技术整合至天文课程中对天文教育而言非常有帮助。现如今，市面上有许多功能各异的信息技术手段，本研究基于 WWT 软件平台开展教学实践能给予教师及研究人员以启示，促使他们开发更多对天文教育有益的信息技术及课程，突破将信息技术作为演示工具的单一整合方式。

目前我国天文教育的研究成果多是天文教育现状的阐述，天文科普经验的总结，软件平台在天文教育中的应用方式等，研究偏向于应用，相关理论研究并不多，缺乏天文教学模式的提炼，这对其它教师的天文课程的借鉴意义非常局限。本研究立足于信息技术与课程整合的理论基础，试图将 WWT 软件平台的多项优势融入到教学中，总结有明确教学目标、有具体操作程序、有限定教学条件、有匹配教学评价的教学模式，突破天文教学中的困难，为教学理论与教学实践搭建一个良好的过渡桥梁。同时，本研究提出的建构天文教学模式的方法为有经验的教师提供参考，使其能总结归纳出自己独特的教学模式，并推广至教育界。

实践是检验真理的唯一标准。因此，本研究的另一个意义是通过多个教学案例及活动证明三种教学模式的可行性以及教学效果。不论是高等教育或中学教育，这些成功的案例都可以为以后的天文教育提供参考。特别是我国自古以来有一套特色的星空文化越来越不为人知，以它为教学内容使得天文的学习变得特殊而有意义。

1.4.2 创新之处

(1) 以非常重要但鲜有人研究的天文教育为主题。天文学是一门基础学科，在我国的基础教育中能见到数学、物理、化学、地理、生物等其它基础学科，而唯独不见天文学。于是造成了天文学不学、不考、不研究的局面。天文教育的意义已无需再赘述，本研究正是基于此类学科开展创新性研究，总结天文教育的现状、特色、困难，建构天文教学模式的方法，提出基于信息技术（WWT）的天文教学模式。

(2) 提出天文教学模式的建构方法。天文教学模式是在信息技术与天文教学整合的过程中，基于一定的教育理论，为达成特定的教学目标，形成的系列天文教学活动的框架和程序。因此，本研究抓住教学模式的五个要素，各个击破，明确建构天文教学模式的内涵。并以本研究的具体教学案例分析建构教学模式的经验-归纳法、理论-演绎法、借鉴-创新法。



(3) 总结多种天文教学模式，以实现不同教学目标的教学过程。虽然教学模式的研究在其它领域有诸多研究，但天文信息化教学模式的研究在天文教育领域前所未有。由于教学模式自身有诸多局限性，为了让更多层次的教师受益于信息技术与课程整合，本研究在大学和中学的不同教学条件下提炼出三种不同的教学模式，对不同的教学对象、教学目标、教学形式有很好的适应性。

(4) 利用信息技术实现中国古星图的可视化，并应用于教学实践。我国天文有着悠久的历史，特别是在古代天文上取得了多项世界瞩目的成果。然而，随着时代的进步这些成果逐渐被现代成果的光辉所掩盖。中国古星图是我国历史遗产，是完全独立于西方星座体系的完整星空划分。这些信息多现于书稿及电子图片，还未曾有一套立体的、可操作变换的、中西星空对应的数字化资源。本研究带领本科生实施基于项目的天文教学实践实现了这一目标。不仅实现中国古星图的数字化，也促进中国古天文及中国文化的传播。

1.5 论文架构

本文总共分为七章，具体组织结构如图 1-2 所示。第一章节概述天文学研究的内容和应用，从国家发展战略和公民科学素养两方面提出天文教育的目的主要是培养天文学人才和天文科学素养。在天文教育面对多种困难之时，信息技术的发展为天文教学提供了解决方案。然而，天文教师将信息技术的应用停留在演示的层面，同时我国缺失对天文教学模式的研究。因此，本文以信息技术与课程整合为指导理论，以 WorldWide Telescope 为教学手段，以天文教学模式为研究落脚点确立研究课题：基于 WWT 平台的天文教学模式研究。本章节共提出了六个具体研究问题，接着阐明本研究所涉及的文献分析法、行动研究法、问卷调查法、访谈调查法的适用范围及流程。然后简要说明本研究的研究意义与创新之处。最后给出本论文的内容框架。

第二章介绍了本研究相关的工作基础。首先介绍了天文教育的内容，然后分层次介绍我国研究生、本科生、中小学生及公众的天文教育，得出我国天文教育呈现倒三角形式的结论。结合天文教育内容的特殊性和我国天文教育结构的倒挂，总结出了我国天文教育目前所面临的困难：直接经验有限、户外观测困难、以讲授为主且缺乏趣味性和互动性、专业师资匮乏、数字化教学资源零散、教学研究成果不多。接着，分心信息技术与天文教学整合的指导理论，其中包括建构主义理论、多媒体学习认知理论、多元智能理论和基于科学数据的天文教育思想。基于以上内容，本文引入 WWT 软件，介绍其发展历程与技术特点，重点阐述了 WWT 与天文教学整合的方式，为后文教学模式的实践提供依据。最后列举了国内外基于 WWT 的天文教育案例作为背景资料。

第三章在文献分析的基础上阐述了教学模式的定义、内涵及分类方法。结合天文学科的特色逐个分析教学模式中理论基础、教学目标、操作程序、实现条件和评价方法这五个要素，它



成为后文三种具体教学模式的基本框架。教学模式的建构有多种方法，本文简要叙述了与三种具体天文教学模式相对应的理论-演绎法、借鉴-创新法、经验-归纳法。

第四至六章是依据第三章的要素与方法提出和总结的三种具体天文教学模式，即混合讲-探-创-的天文教学模式、基于项目的天文探究教学模式、基于交互式漫游的天文辅导教学模式。其中，第四章是为了改革《苍穹的奥秘》这门大学天文学修课程，依据理论-演绎法建构的混合讲-探-创-的天文教学模式。该模式适用于正式课堂教学，既不失去教师系统地传授大量天文知识的优越性，又开放小部分课堂供学生利用信息技术进行探索学习，同时以漫游创作的方式提供创新机会，促进学生的知识建构与多元智能的发展。第五章将已广泛应用于其它学科的项目学习模式加以创新，建构出基于项目的天文探究教学模式。本研究利用大学生“探究中国古星图”的项目实践该教学模式，不仅论证了该教学模式的有效性，还实现了中国古星图的数字化，推动了中国古天文和中国文化的传播。第六章提出了基于交互式漫游的天文辅导教学模式，它是基于 WWTA 在美国中学实施“月相与食” VizLab 的教学过程，利用经验-归纳法提炼出的一种教学模式。该模式能让学生在交互式漫游的辅助下学习天文知识，获得探索经历，替代教师的部分职能。这三种教学模式分别对应三个章节，每章还介绍了相应模式的理论基础、操作程序、实现条件及教学实践等内容。这对天文教师选择教学模式、实施教学模式有直接指导意义。

第七章是对本研究的客观总结，以及未来相关工作的展望。

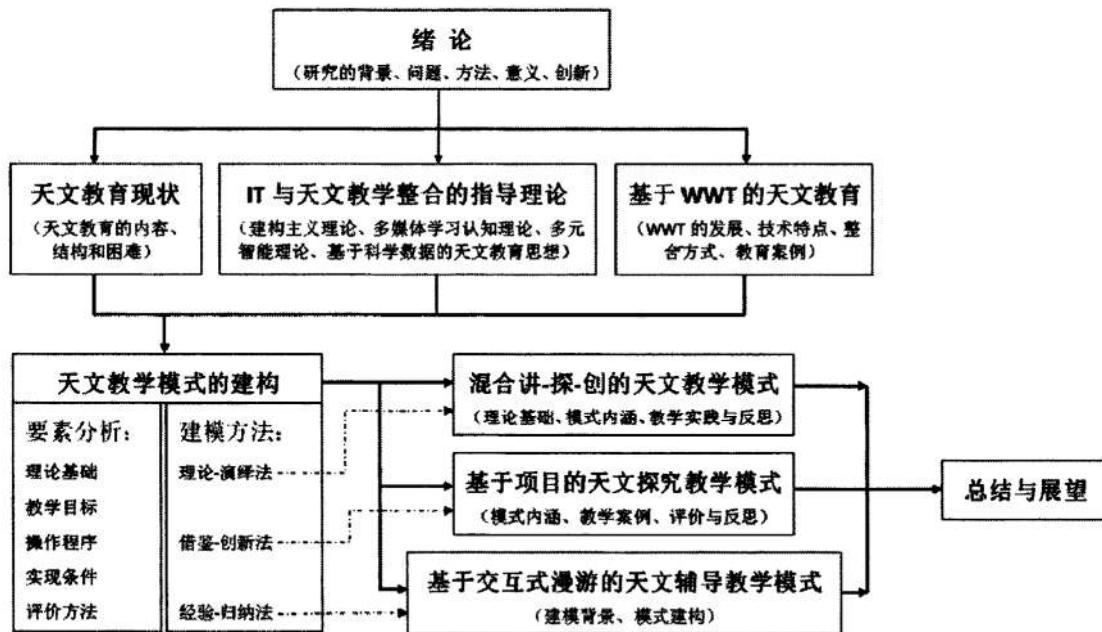


图 1-2 论文架构



第二章 相关工作基础

2.1 天文教育现状

2.1.1 天文教育的内容

天文学是一门研究天体和宇宙的科学，具体探索天体和天体系统的分布、活动、结构和演化等性质和规律，主要包括天体测量学、天体力学和天体物理学这三个分支。按照研究对象可将其分为行星、恒星、星系和宇宙四个层次。行星层次主要包括行星、行星的卫星以及它们附近的大量小天体。太阳系是目前能够直接观测的行星系统，这通常是人们了解宇宙的第一步；恒星层次主要研究恒星的形态、结构、演化过程等。太阳是离地球最近的恒星，它只是亿万颗恒星中的一颗；星系层次主要研究银河系以外的星系，探讨星系对、星系群、星系团的结构、运动、演化；宇宙层次是对宇宙诞生之初到演化至今的整体研究，它是比超星系团更高一级的总星系。

地球以外的一切事物都是天文学研究的对象，也是天文教育的教学内容，它们相对地球上事物而言具有以下特征：①尺度大²。这里既包含距离也包含体积的尺度。月球是离地球最近的天体，它们之间距离约为地球直径的 30 倍。木星与地球同为行星，但木星的体积是地球的 1300 倍。离太阳最近的恒星大约在 4 光年³的地方。目前人类已探测到 300 多亿光年的天体。②时间跨度广。地球自转一天 24 小时，公转一年 365 天，哈雷彗星的回归周期为 76 年，太阳还有 50 亿年的寿命，宇宙目前的年龄约为 138 亿年。③极端条件。它是指天体所在的高能量、高密度、强磁场、强引力、超真空等极端宇宙环境，这也是高能物理学家将宇宙作为天然实验室的原因。④遵循地面上的物理规律，又时常超越地面物理现象。如天体的运行遵循牛顿定律和万有引力定律，天体的演化遵循质能转换。倘若粒子接近光速运动，则要考虑其相对论效应。黑洞会使其附近的时空弯曲。⑤发出特殊信号。宇宙中的天体或天体的活动会发出电磁波、引力波、中微子、宇宙线等信号，地球上的人们能通过仪器接收这些信号，然后对它们加以研究。基于以上特征，人们对天文学的研究只能是被动地观测而不能做主动式实验。

天文教育与其它自然科学教育一样，是以教育为目的，以宇宙天体为对象，让受教育者学习天文学基础知识和研究方法，培养世界观的教与学活动。基础知识是源于人们对天体和宇宙

² 《世界上最遥远的距离》漫游以十的次方数从 1 米讲解到 10^{25} 米，它能帮助人们理解宇宙的大尺度
http://xiyedu.cn/video_html/video_05.html

³ 光年：长度单位，即光行走一年的距离。其数值约为 9.46×10^{15} 米。



已有的共性认识，如天体的运动规律、天体的演化规律、宇宙的结构。天文学有其它自然科学所通用的研究方法，但它因研究对象的特殊性有其自身特色的研究方法，如天文研究只有两个出发点，一个是天文观测，即天文学家在望远镜获得的数据中挖掘宇宙的规律并形成理论，这其中依赖可视化、统计、对比等研究手段；另一个是理论推演，即天文学家通过已知的理论进行建模，计算改变条件后的结果，运用已有的观测数据进行验证，或者预测现象等待未来观测结果的验证。将这些研究方法教给学生有利于学生继续探索宇宙的奥秘，也能启发其它学科的研究。世界观是指人对整个世界的根本看法。天文教育将教学内容从地面转向了天空，从有限的文明史转向无限的宇宙史，在讲述宇宙时空概念和人类如何科学探索自然的历程中，学生的世界观很容易被这些全新的视角刷新。

2.1.2 我国天文教育的结构

天文教育按受教育者的层次划分可分为研究生天文教育、大学专业天文教育、大学非专业天文教育、中学天文教育、公众天文教育与科普^[12]。天文知识的传授是所有天文教育的共同目的，因各层次受教育者的认知程度及培养方式不同，天文教育的目的和意义有各自的侧重点，办学规模差异性也很大。整体而言，我国天文教育结构呈现倒三角的形式，这种不稳定的结构不利于天文学科的发展。

（1）研究生天文教育

以中国科学院国家天文台为首的科研单位坐落于北京，还有紫金山天文台、上海天文台、云南天文台和新疆天文台分散在全国各地，均设有天文学专业一级学科博士、硕士研究生培养点和博士后流动站。国家天文台还积极与高校合作，建立联合实验室从事科学研究与人才培养，例如国家天文台-河北师范大学空间科学联合研究中心、国家天文台-贵州大学天文联合研究中心。还有一批高校获得国家批准，拥有天文学专业的硕士或博士学位的授予权，如北京大学天文系、清华大学天体物理中心、华中师范大学天体物理研究所、广州大学天体物理中心、北京师范大学天文系等等。由此看出，我国天文研究生教育主要集中在天文台和高校，分布广泛且单位众多。

研究生天文教育旨在培养未来从事天文相关的科研人才和工作人员，因此应用性很强。通过比对课程设置与所在单位的科学项目可知，研究生的专业课是直接服务于科学课题，针对性很强，在强调天文理论知识学习的同时会注重计算机能力的培养。由于专业课均由各单位自行设置，在教学内容上没有统一标准，这也会使得研究生所学的内容差异性很大。在教学方法上以教师讲授为主，学生在参与课题研究时经历基于项目的学习。面对我国大型天文观测设备如大天区面积多目标光纤光谱天文望远镜（又称郭守敬望远镜，简称 LAMOST），世界最大单天线 500 米口径球面射电望远镜（简称 FAST）的建设，以及与国外天文项目如羊八井宇



宙线观测阵、平方公里天线阵（简称 SKA）的合作，我国天文研究型人才的数量仍旧显示出不足。不仅如此，笔者并未检索到任何有关国内研究生天文教育研究的文献，而国外则有将信息技术如 WorldWide Telescope, JavaScript/d3, Wolfram CDF, Python 等应用至研究生天文课程开发交互工具的案例^[23]。

（2）大学天文教育

李向东教授总结了整个 20 世纪中我国天文人才培养所经历的变革。截止到 2007 年，我国天文学专业每年本科生的招生和毕业人数仅有 60-80 人，相比国外而言，中国的高校教育在质量和数量上都亟待提高^[24]。经过几年的努力，我国拥有天文本科专业的高校从最初的 2 所扩展至 8 所，分别为南京大学、北京师范大学、北京大学、中国科学技术大学、河北师范大学、厦门大学、云南大学、上海交通大学。这些学校的天文系每年招生人数在 30 人左右。其中以天文学为第一志愿被录取的人并不多，大多数是服从调剂来到天文系。入学后，天文系就会面临学生转专业的问题，最后每年毕业的总人数也只有 200 人左右。即使完成了四年的天文专业学习，这些本科毕业生又会有一半以上选择出国或转行，而剩余留在国内的毕业生才是从事天文相关职业或者进一步在天文方向深造的人^[25]。为了改善这样的现状，已有天文系的高校采取自主招生的方式发掘专类人才，通过夏令营、科普活动吸引生源，没有天文系的高校努力建设天文学科，试图申办或复建天文系。而在美国，拥有天文学专业的高校多达上百所⁴，天文学与其它学科的设置并无太大区别。

除了以上专业天文教育以外，高校天文学还承担着非专业天文教育的责任，通常以理学院的专业选修课以及全校素质公选课的形式开展。据不完全统计，目前开设天文选修课的高等院校可能超过 50 所，覆盖面比天文系广很多。因此，从文献库中能搜索到的相关天文选修课的资料比天文专业课的资料多很多。天文选修课多为大班教学，师生互动较少，许多教师总结了上天文选修课的难点。例如，难以平衡教学内容的系统性和趣味性；难以开展户外天文观测活动；难以将幻灯片、天文软件、录像资料融入计算机辅助教学中；难以设立天文选修课的成绩评价标准^[26]；课时少，一般只有 36 学时左右；任课教师非天文科班出身^[27]；缺乏天文仪器；缺乏师资；缺乏优秀天文教材^[28]。

（3）中小学天文教育

在六类基础学科中，天文学是唯一没有被列入我国中小学正式课程的学科。物理、地理或者科学学科中涉及少量与天文直接相关的教学内容。以地理学科为例，初中教材的第一章节“地球和地球仪”会介绍到地球的自转、公转等特性，并无更多天文内容。高中必修 1 的第一章，如人教版《行星地球》，湘教版和中图版的《宇宙中的地球》都是介绍地球所在的宇宙环境及宇宙的概览，这是学生第一次比较正规、系统地接受有关天文学方面的知识，除此之外也并无其

⁴ 利用 U. S. College Search 网站搜索美国高校天文（Astronomy）专业，得到 110 余条大学信息。
<http://www.uscollegesearch.org/astronomy-colleges.html>



它章节涉及天文^[29]。教师在讲解这些内容时，重点只放在地球及地球所在的太阳系环境，更大的宇宙尺度内容停留在了解层次。

在素质教育的大力推动下，许多中小学开设了天文校本课程，创建了特色的天文社团或兴趣小组，以课程、讲座、探究活动、观测、奥赛、科技制作、看电影、参观天文馆等形式开展天文教育。例如广州市荔湾区汾水中学初一年级的综合实践课程会讲解地球的运动、四季星空的变化、适宜地球生命发展的宇宙环境等等；浙江杭州高级中学拥有遥测功能的“杭州-阿克苏中学生天文台”，其社团成员多次在全国天文奥赛中获得佳绩，还有学生发现近地小行星；湖北省武汉市张家湾小学是一所以天文为主题的学校，该校开设了不同年级的天文校本课程，带领学生和公众多次参与户外天文观测；重庆市石新路小学建设有第一个 WWT 互动式数字天象厅，开启了小学天文教学与科普活动的序幕。在这些教育活动中，教师会选用 Stellarium^[10]、Celestia^[11]、Starry Night Pro^[12]、WorldWide Telescope^{[30][31][32]}、Google Earth^[33]等软件辅助教学。

对比美国，早在 1996 年美国国家研究委员会（National Research Council, NRC）颁布的科学教育标准中对 K-12⁵年级的学生该掌握的科学知识做了详细的说明，其中七大主题之一的地球与空间科学（Earth and Space Science）是有关天文教育的内容^[34]。2011 年，NRC 对科学教育标准进行了一次补充和完善，学生需要学习的天文核心概念为“宇宙中的地球”，它被细化为三个子概念：宇宙及其恒星，回答什么是宇宙，恒星是怎么来的；地球和太阳系，回答太阳系中地球的哪些运动是有规律、可预测的；行星地球的历史，回答人们是如何在地球的行星史上重构和记录大事件的。每个子概念都用详细的文字阐述了该概念所回答的科学问题，包含的天文知识与技能，以及不同年级结束时学生需要掌握天文知识的程度。由此看出，美国的基础教育能与高等教育有较好的衔接。教育内容按青少年不同年龄阶段的认知能力设定，呈螺旋式上升结构，逐渐将天文教育中的重要理念传递给学习者，为进入高校学习打好基础。即便青少年进入大学后转学其它专业，他们对宇宙有了最基本的认识，学会了简单的探索方法。

（4）公众天文教育与科普

公众教育与科普可以理解为个体在高等教育和基础教育的正式学习场景以外获得的教育，是人们狭义理解的科普、课外活动、非正式学习等的综合体。其特点就是教育地点任意，通常不在教室中而是在科技馆、博物馆、广场、路边等开放的环境；教育时间任意，即在课外时间的任何时候都有可能；教育对象广泛，该群体年龄层次可分布于人类的整个生命周期，但主要集中在中小学生、大学生以及成年人；教育目的广泛，可以是传播知识、激发兴趣、丰富生活等等；教育形式多样，如课程、讲座、观测、科技制作、表演、参观等等；教育实施者多样，他们可以是转职科普工作者，也可以是科学家或教师，还可以是大学生、研究生、爱好者以及其他来自社会的公众。

通过文献分析，国内对公众进行天文科普的方式主要为以下几类：①户外观测。以特殊天

⁵ 在美国通常 K 表示幼儿园，1-5 年级是小学，6-8 年级是初中，9-12 年级是高中。



文现象为热点吸引公众体验天文观测活动^{[35][36]}，这种方式通常最受公众喜爱，可是它受观测时间、天气、环境、设备等因素影响太多；②演讲讲座。邀请天文学家、天文爱好者、教师等人以讲座的形式报告最新天文研究成果、天文观测经验、天文摄影经验等^{[35][37][38]}，这是一种最简单、受众最广的一种方式；③展示展览。以海报或展板的载体展示图片文字等内容^[37]，这种方式的资源可重复利用，且容易让公众记忆和理解，吸引力位居中等；④知识竞赛。以比赛竞技的方式促进公众学习天文，还能鼓励优秀的学生参加全国天文奥赛，甚至是国际天文奥赛^{[35][36][37]}，这种方式对天文知识要求较多，受众有限；⑤其它。如撰写小论文、创办杂志、科技制作等^[37]。还有 2013 年 6 月 20 日，我国首次在“天宫一号”轨道飞行器上开设课堂^[39]，全国约有 6000 多万中小学生收看了实况转播。

在美国，科学的研究经费来源于纳税人，他们有权利知道他们缴纳的钱干什么去了，获得了哪些收益，是否该继续投资。于是，从事天文相关研究的高等院校、天文台、航空航天实验室的科学家会积极参与天文教育。他们连同教育工作者开发各式各样的教育资源，建立教育项目，设计教育活动，有的应用于中小学天文教育中，有的则是提供给公众进行自主探索。很多时候，非正式天文教育都是促进人们理解宇宙、发明探索工具、寻找方法论的唯一途径^[40]。

美国有许多受欢迎的天文网站如 APOD, NASA, Sky & Telescope, Space, WWT 等等^[41]，人们能够通过这些网站获取最新天文消息，分享天文摄影成果，学习天文知识。还有许多教育科普项目是以科研项目为依托，其教育资源、新闻都会在网络上公布或以论文的形式发表。例如以美国国家航空航天局 NASA 为首的研究机构，它会将其每一次航天任务和每一个望远镜的建设情况通过网络发布最新消息，还会资助各种教育科普活动，为公众创造条件与宇航员对话，了解太空生活^[42]；在南极建造的中微子望远镜所衍生的 IceCube 教育科普项目开展热水钻孔、航海夏令营等活动^[43]；全自动微型天文台帮助学生了解望远镜的工作原理、让学生获得照片并学会处理照片^[44]等等。这些活动的形式比中国天文科普的形式更多，受众更广，公众的参与性更高，值得我国天文公众教育与科普的工作人员借鉴和学习。

综上所述，天文是一门基础科学，在人类的科学探索历程中有重要地位。培养天文专业研究人才和公众的天文素养对现代科技和社会发展具有重要意义。纵观国内整体天文教育结构，它呈现一种倒挂的形式。研究生天文教育布局广泛，教学内容直接为研究项目服务。大学专业天文教育单位数量骤减，入学的门槛较高，毕业时还面临大量专业人才的流失。非专业天文教育单位保持广泛的布局，教学内容并无统一标准，教师在教学过程中遇到多种困难。中学教育中没有天文课程，其内容只在地理、物理、科学等学科中体现。教师多以天文选修课或社团形式组织学习，与美国天文教育相比有较大的差距。我国天文教育可从两方面着手改善当前现状，一方面是提高现有的天文教学质量，另一方面是在天文教育结构以外积极开展天文相关的教学活动或科普活动，如课外天文探究学习。



2.1.3 我国天文教育的困难

天文学是一门较为特殊的学科，它探寻月球、太阳、行星、恒星、星云、星系等天体的分布、活动、结构和演化规律，其尺度、耗时、能量无疑超出了人类在地球上所能承受的时空范围。当这些对象成为教学内容时，它们必然无法直接进入教室或实验室，在日常生活中带给人们的直接经验也非常有限，这就为天文教育带来了许多困难。还有的困难是因我国教育体制和结构而产生的，现归纳如下：

(1) 直接经验有限。

直接经验是指亲身参加活动获得的知识或技能。例如，学生能从二人抬水体会到力的合成与分解，气球与头发摩擦后吸引在一起是因为电荷转移，人在地面上走比在冰面上走的稳是因为地面摩擦系数大。这些直接经验一方面为学生的学习提供原有知识，另一方面它所带来的交互性有助于学生建构知识，这在“同化”理论中有重要意义。

然而在天文学中，学生只能通过眼睛远远地观察太阳、月球、星空的运动规律。对于更多的超新星爆发、脉冲星的周期性转动、双黑洞合并等天文现象早已超出人们肉眼的观测范围。好在天文望远镜的产生推动了天文学的快速发展，倘若要近距离的观测宇宙和天体，人类需要花费比其它研究项目更多的人力、物力、财力。不论是离地球较近的月球，还是遥远的恒星，人们都不可能对它们的运动或活动进行干预。天文学无法提供操纵、交互、体验的直接经验，也无法改变我们身处地球上的观测位置，这种直接经验有时还会影人们对宇宙真实面貌的判断。例如所有早期文明都认为地球是宇宙的中心，日月星辰都围绕地球转，但是这被近代天文学推翻了，即“日心说”取代了主宰人类几千年文明史的“地心说”。

在天文研究上，大型望远镜的观测活动能弥补人类的一部分直接经验，现代天文学也建立起不靠直接经验进行研究的系列方法。但是对于天文教育而言，没有直接经验的奠基，学习会比其他学科要困难得多。这就需要天文教育提供更多间接经验来补充，例如讲授、模型、挂图、虚拟星空等。

(2) 户外观测困难^[29]。

为了让学生获得更多的直接经验，最普遍的方法就是观测。即便是“看”这样简单的操作，对于天文教学而言也是困难重重，因为学生要想看到天体或天象必须满足以下基本条件：①夜晚。除了太阳这颗恒星是在白天观测以外，其余的观测对象均出现在晚上。然而，学校教学活动都是在白天，学生看不到太阳以外的天体。学生只能利用课余时间，一反常规作息，在夜间仰望星空。②天气晴朗。多云、雨或雪的天气说明观测地上空积攒了厚厚的云层，它阻挡了星光微弱的光芒，使得人们无法观测。只有在天气晴朗时，人们才能看到星空。③光害低。光害又称光污染，是指人们滥用人造光源造成负面影响。人工白昼不仅影响人类健康，造成生态问



题，还剥夺了人们看到星空的机会。灯光越多会将大气层照得越亮，恒星微弱的光芒便隐藏在红光印天之中。因此，人们在城市中只能看到寥寥无几的恒星而在郊外能看到满天繁星甚至是银河。④天文望远镜。人类眼睛的视星等有限（6等），因此需要借助天文望远镜看到更暗弱的天体。望远镜还有放大的功能，例如人的肉眼看到金星是一个亮点，而用望远镜能看到它是一个圆面或像一个月牙。天文望远镜属于精密仪器，价格偏贵，操作起来需要一定的专业技能。⑤长时间。人们将天空中发生的自然现象简称为天象。常见的天象有月球或金星的相位变化、行星掩星、木卫凌木等。不常见的有流星雨、日食、超新星爆发等。一个天象发生的周期相比一节45分钟的课要长很多，例如完整的月相变化需要29.5天，完整的星空变化需要365天。即使不需要观测完整个周期，学生也需要通过多次观测获得一个周期的关键数据点。可见，户外观测所花的时间和时间跨度都会很长。⑥好时机。虽然天文学家对宇宙已有大量的研究，但是他们只能预报天象发生的时间以及合适的观测位置，并不能对其进行任何干预。因此，对于只能被动观测的人类而言，想要看到不常见的日食、流星雨、金星凌日（下一次是2117年）只能依靠好的时机。这六个基本条件在实施观测时几乎缺一不可，其苛刻程度使其难以在天文教学中开展。

学生对户外观测活动的期待很高，但是根据笔者多年教学经验，每学期能成功开展观测的机会只有1-2次，这里面还包含组织和安全的制约因素。观测的天体仅包括月球、金星、木星、土星、双星、星团，这主要是受望远镜的口径和城市光污染的影响，因此每学期所观测内容的重复性很高。

（3）以讲授为主，缺乏趣味性与互动性。

在观测活动少，无交互机会的天文教学课堂，讲授法成为最主要的教学方法。同时，相比其它基础学科的教学，天文教学更依赖讲授法。教师往往过多的考虑教学内容的系统性，设定了天文学简史、天球坐标和时间计量系统、天文望远镜和天体物理方法、地月系统、太阳系的行星和小天体、太阳、恒星的结构和演化、致密天体、银河系、河外星系、大尺度结构、宇宙学等系列知识点，但它们不一定是学生感兴趣的内容^[26]。而且，一味的讲授很容易让学生感到疲倦，失去注意力。要想平衡天文课程的系统性和趣味性，这对教师的讲授技能有很高的要求。除此之外，以讲授为主的天文教学极少有机会激发学生的创新创造思想，这是对学生能力的极大束缚。

（4）专业师资稀缺^[45]。

有调查研究显示，广东地区的天文教育存在缺乏专业师资的问题，因此它们依托天文教育项目对高中教师进行培训，提高教师应用技术和资源的教学能力。还在广州大学的第四学期对物理系本科生开设天文课程，因为这些学生未来可能去高中教书，以此提高拥有天文学背景知识的教师比率^[46]。缺乏师资的现象不仅出现在发达的广东地区，从我国倒挂的天文教育结构也能看出这一普遍问题。大学和天文台培养的天文专业人才主要为天文研究服务，极少数会到基



础教育单位中任教。开设天文选修课的高校远多于设有天文学科的高校。这些现象说明了任课教师并不一定是天文科班出身，极大可能是由物理或地理教师代理。代理教师虽然对天文教学有热情，但是他们通常还是缺乏系统的天文知识，对天文研究方法不甚了解，只能对天文望远镜进行简单操作。这在指导学生学习时是一个很大的不足之处。

（5）数字化教学资源零散。

在信息技术大量整合至课堂教学的今天，教师为了使教学内容更直观、有趣、丰富，他们会在讲授式教学的课件中插入天文数字化资源。它们的主要来源有天文研究机构、天文教育机构、科普机构、业余天文组织、商业教学网站、各地科学技术协会。但是这些与天文相关的电影、动画、照片、网页、论坛、天文软件零散地分布在各个网站，缺乏资源共享和互操作性^[47]。教师都是根据自己课堂需求到互联网上搜索信息，然后融入自己的教学演示。它们属于数字化资源，可以作为教学资源的一部分，但是并不属于系统的以教学为目的开发的资源，其兼容性、教育性、艺术性都依赖于教师的选择和改进。目前国内更没有以天文教学辅导为目的的数字化资源。

（6）教学研究成果不多。

河北师范大学杨大卫教授曾分析了天文教学研究的必要性，他指出教学研究是科学研究的一个组成部分，也是科学的研究的延续和补充。任何一个学科在世代接替的发展过程中，都存在一个如何把科学研究成果及时、适时、恰如其分地转为教学研究内容使之系统化的过程。反之，在教学研究中发现的问题也会给科学的研究提供课题线索，进而使该学科成为前后连贯、统一自洽的完备体系^[48]。天文学也需要大力开展教学研究，但实际情况是我国天文教育的研究成果相比其它学科而言非常少。

在中国知网 CNKI 上搜索天文教育和物理教育有关的期刊文献，笔者发现后者的词条数量是前者的 4000 倍左右。我国对天文教育的研究主要集中在天文科普^{[33][35][49][50]}、高校天文选修课^{[24][26][51][52][53]}、以及信息技术在天文教育中的应用^{[10][12][27][32][33][54]}这三方面的探讨。其余的研究也涉及科学素养^[55]、大学天文专业课^[56]、资源建设^[57]等主题。目前，我国没有天文教学研究会和相应的刊物。从发表时间来看，有关天文教育的文章在 2005 年出现过高峰期，过后每年只有几篇文章出现在学术期刊上。我国天文教育研究少、内容窄、更新不快的现状表现了我国天文教育在教育体系中的弱势地位，也说明我国天文教育仍处于经验累积阶段，能够用来借鉴的教学模式、教学方法、教学策略、教学组织形式等研究结论不多，这对我国天文教育的发展不利。

国外对天文教育的研究内容则非常广泛，仅在 CALIS、Springer 等外文数据库上搜索“astronomy education(天文教育)”一个关键词，就会发现其响应结果从 30000 至 600000 不等。研究内容包含天文的教学内容^{[58][59]}，教育方法^[60]，教学资源^{[61][62]}，天文教师^{[63][64]}，信息技术应用^{[65][66][67]}，教育评价^{[40][68][69]}，非正式教育^{[70][71]}，全民科学^{[72][73]}等等。《Astronomy Education



Review》曾是美国 2001 年至 2013 年发表天文教育文章的重要刊物，这些已有的研究成果值得我国借鉴。

针对以上总结的困难，我国教师对如何上好天文课程也提出了自己的见解：天文教育工作者要与专业天文科研工作者密切合作，了解天文发展的最新动态，直接参与天文前沿领域的科学的研究工作；天文教育必须要向信息化、数字化、网络化的方向发展，提高我国天文资源共享的程度，因此天文远程教育网络建设、网上天文台的建设刻不容缓；建立天文教育交流窗口，密切注意天文学科与其他学科的迅速渗透和交叉发展，积极创办天文教育刊物、网站等传媒；培养宽口径的复合型基础天文教育师资，即以从事天文教学为主，又可从事物理等课程教学的师资；必须抓好天文学各领域精品系列教材的建设，及时介绍、引进和翻译国外优秀教材等等^[27]。整合我国天文教育网络资源，创建“中国天文教育网”和“虚拟天文台”；教学内容现代化；运用好远程网络教育和多媒体教学手段^[35]；有计划地组织针对高校天文选修课教师队伍的业务培训；大力加强大学和天文研究机构在开展户外天文观测活动方面的合作^[26]。以普及天文知识与培养科学素质相结合为教学目标；以基础知识与科学前沿研究为教学内容；以传统教学与现代多媒体教学为教学方法^{[52][56][74]}；让有天赋的学生参与符合高中级别的真正的研究计划，为高中的师生引入一些开放资源，例如 WWT、Galaxy Zoo、PULSE@Parkes 等^[75]；以小论文、天文知识竞答、分组观测和研讨等形式考察学生的理论知识和科学素质^{[52][74]}。

笔者为突破天文教育不直观、无交互、资源零散等困难，改善天文倒挂的教育结构，在教育信息化的时代背景下试图从天文信息技术与课程整合方面寻求突破，提出基于科学数据的天文教育思想，以天文教学模式为落脚点为天文教学的理论与实践搭建桥梁。

2.2 信息技术与天文教学整合的指导理论

2.2.1 国内外信息技术与课程整合理论

(1) 西方国家的主要“整合理论”

目前，国际上已有众多论著阐述信息技术与课程整合的相关研究，其中有三部较重要的文献从目标与意义、定义与内涵、途径与方法三方面对信息技术与课程整合问题作出较系统、全面的论述^[76]，简述如下：

①美国教育技术 CEO 论坛的第 3 个年度报告《The Power of Digital Learning: Integrating Digital Content》（数字化学习的力量：整合数字化内容）。它指出了信息技术与课程整合的目标是培养 21 世纪能力素质的创新人才，内涵是创造生动的数字化学习环境。整合的方法分三步：



第一步是确定教育目标，并将数字化内容与该目标联系起来；第二步是确定课程整合应当达到的、可以被测量与评价的结果和标准；第三步是依据第二步所确定的标准进行测量与评价，然后按评价结果对整合的方式做出相应的调整，以便更有效地达到目标。

②罗布耶（M. D. Roblyer）于2003年出版的专著《Integrating Educational Technology into Teaching》^[77]（教育技术整合于教学）。作者首先强调了各种教与学理论对信息技术与学科教学相整合的意义与作用，然后介绍了不同教育思想指导下的三种整合模式（Directed, Constructivist, and Combined Approaches），接着分析了信息技术与教学相整合时所需遵循的原则与策略。最后具体给出信息技术与课程整合的教学案例。

③国际教育技术协会（ISTE）发布的《国家教育技术标准（第三版）》。它指出课程整合是把技术作为一种工具融进课程，以促进学生对某一知识范围或多学科领域的学习。技术允许学生以前所未有的方法进行学习。只有当学生能够选择工具帮助自己及时地获取信息、分析综合信息并很正确地表达出来时，技术和课程的整合才是有效的。技术应该像其他所有可能获得的课堂教育一样成为课堂的内在组成部分^[76]。

对比以上三种论述，论述①较为全面深入的论述了信息技术与课程整合的目标和内涵，但是在整合的方法上缺乏深入的研究。论述②强调了教学理论对整合的指导作用，在整合方法上取得了实质性的进展，提出了“混合型整合模式”，但是每种整合模式的实施原则和策略存在不足之处。论述③则将信息技术看作是工具，对信息技术与课程整合的论述最肤浅。

（2）中国特色的“整合理论”

①李克东教授的“数字化学习”理论中指出，信息技术与课程整合是指在课程教学过程中把信息技术、信息资源、信息方法、人力资源和课程内容有机结合，共同完成课程教学任务的一种新型的教学方式^[9]。它的指导思想包括三点：第一、学与教的活动要在以多媒体和网络为基础的信息化环境中实施课程教学活动；第二、对课程教学内容进行信息化处理后使其成为学习者的学习资源；第三、利用信息加工工具让学生实现知识重构。整合的目标是培养学生具有终身学习的态度和能力、具有良好的信息素养、掌握信息时代的学习方式。整合的方式分为三种，即把信息技术作为学习对象（L-about IT），作为教师教学的辅助工具（L-from IT）和学生学习的认知工具（L-with IT）。具体的整合要求、策略、模式在文中也有详细阐述^{[78][79]}。

②余胜泉教授在《信息技术与课程整合-网络时代的教学模式与方法》^[80]中指出，信息技术与课程整合的本质与内涵是要求在先进的教育思想、理论的指导下（尤其是主导-主体教学理论的指导下），把以计算机及网络为核心的信息技术作为促进学生自主学习和认知工具与情感激励工具、丰富的教学环境的创设工具，并将这些工具全面运用到各学科教学过程中，使各种教学资源、各个教学要素和教学环节，经过组合、重构，相互融合，在整体优化的基础上产生聚集效应，从而促进传统教学方式的根本变革（也就是促进以教师为中心的教学结构与教学模式的变革），从而达到培养学生创新精神与实践能力的目标。



余胜泉等人还对信息技术与课程整合的具体方式做了详细探讨。他们根据信息技术与课程整合的不同程度和深度将其分为三个阶段。第一阶段：封闭式的、以知识为中心的课程整合阶段，如将信息技术作为演示工具、交流工具和个别辅导工具；第二阶段：开放式的、以资源为中心的课程整合阶段，如信息技术作为资源环境、信息加工工具、协作工具和研发工具；第三阶段是当信息技术在教学中的应用得到更系统、更科学的探讨和细化时，会促进教学内容、教学目标、教学组织架构的改革，从而实现全方位的课程整合^[81]。在《信息技术与课程整合》一书中，余胜泉等人补充了“信息技术作为学习对象”“信息技术作为情境探究和发现学习工具”“信息技术作为评价工具”以及“计算机作为教学管理工具”的整合方式，使得信息技术与课程整合的具体方式更加全面^{[80],33-41}。

③何克抗教授在《信息技术与课程深层次整合理论》^[82]中，将信息技术与课程整合（或信息技术与学科教学整合）的定义或内涵表述为：通过将信息技术有效地融合于各学科的教学过程来营造一种信息化教学环境，实现一种既能发挥教师主导作用又能充分体现学生主体地位的以“自主、探究、合作”为特征的教与学方式，从而把学生的主动性、积极性、创造性充分发挥出来，使传统的以教师为中心的课堂教学结构发生根本性变革-由教师为中心的教学结构转变为“主导-主体相结合”的教学结构。其理论基础既包括支持教师讲授为主的教与学理论，也包括支持学生自主探究为主的教与学理论，同时注重教学结构理论的支持。在深层次整合的有效途径与方法上包含五点：第一、要运用先进的教育理论（特别是新型建构主义理论与奥苏贝尔理论）来指导“整合”；第二、要紧紧围绕“主导-主体相结合”教学结构的创建来进行整合；第三、要运用“学教并重”教学设计理论进行“整合”课的教学设计；第四、要重视科学课教学资源的建设和信息化学习工具的搜集与开发-这是实现信息技术与课程整合的必要前提；第五、要结合不同学科特点创建能支持新型教学结构的教学模式^[76]。

④其它研究。国内还有许多学者从不同的角度研究信息技术与课程的整合，如基本策略^[83]，复杂性^[84]，意义及原则^[85]，内涵及层次^[86]，理论和方法^[87]，设计研究^[88]等等。信息技术与特定学科整合的实践研究成果也非常多，如数学^[89]、物理^{[90][91]}、化学^[92]、生物^[93]等等。但是，我国没有信息技术与天文学科整合的系统研究，特别是天文信息化教学模式的研究。

前三种信息技术与课程整合理论是对整合的目标、内涵、方法有系统的论述，对本研究实施信息技术与天文教学整合的研究以及进一步提炼天文教学模式有重要启示意义。本研究还参考了余胜泉教授的信息技术与课程整合的阶段和层次，在本文 2.3.3 节详细介绍了信息技术（WWT）与天文教学整合的方法，为天文教学实践提供理论依据和技术指导。余胜泉教授和何克抗教授都将先进的教育理论作为信息技术与课程整合的指导理论，但引用的理论略有差异。本研究非常认同先进的教育理论对信息技术与课程整合的指导作用。于是，本研究结合天文教学的特色和目标，选择了三种切实对信息技术与天文教学整合有重大意义的教育理论进行阐述，见本研究 2.2.2。同时，在天文数据暴涨、数据密集型天文研究和虚拟天文台建设的背景下，提



出基于科学数据的天文教育思想（见本研究 2.2.3），成为信息技术与天文教学整合的学科特色理论。

2.2.2 先进教育理论指导下的“整合”

先进教育理论指导下的“整合”是指天文教学在先进的教与学理论或思想指导下与信息技术进行的有效整合。它包含的先进教育理论有建构主义学习理论、多媒体学习认知理论、多元智能理论，以及 2.2.3 节将介绍的基于科学数据的天文教育思想。这些理论和思想同样是本研究中新型的、基于信息技术的、具体的混合讲-探-创的天文教学模式（本研究第四章），基于项目的天文探究教学模式（本研究第五章）以及基于交互式漫游的天文辅导教学模式（本研究第六章）的重要理论基础。

（1）建构主义理论

余胜泉教授和何克抗教授都将建构主义理论作为信息技术与课程整合的理论基础之一 [80]:47-56[82]:33-68。从其它博士学位论文到研究专著也可以看出，建构主义成为我国学者一致认同的信息技术与课程整合的重要理论基础^[94]。

建构主义（Constructivism）是认知心理学派中的一个分支，最早提出者可以追溯至心理学家让·皮亚杰（Jean Piaget）。他认为儿童认知的发展是内因和外因相互作用的结果，其基本过程包括两方面，即同化和顺应。同化是指把外部刺激所提供的信息整合到自己原有认知结构的过程，是一种认知结构数量的扩充（图式扩充）；顺应是指外部环境发生变化，而原来认知结构无法同化新环境提供的信息时所引起的儿童认知结构发生重组与改造的过程，这是一种认知结构性质的改变（图式改变）。认知个体（儿童）就是通过同化与顺应这两种形式来达到与周围环境的平衡：当儿童能用现有图式去同化新信息时，他是处于一种平衡的认知状态；而当现有图式不能同化新信息时，平衡即被破坏，而修改或创造新图式（即顺应）的过程就是寻找新的平衡的过程。儿童的认知结构就是通过同化与顺应过程逐步建构起来，并在“平衡-不平衡-新的平衡”的循环中得到不断的丰富、提高和发展。这就是皮亚杰关于建构主义的基本观点^[95]。

在皮亚杰的“认知结构”理论基础上，科恩伯格（O. Kernberg）对认知结构的性质与发展条件等方面作了进一步的研究；斯腾伯格（R. J. Sternberg）和卡茨（D. Katz）等人强调个体的主动性在建构认知结构过程中的关键作用，并对认知过程中如何发挥个体的主动性作了认真的探索；维果斯基（Lev Vygotsky）提出的“文化-历史发展理论”强调认知过程中学习者所处社会文化历史背景的作用，在此基础上以维果斯基为首的维列鲁学派深入地研究了“活动”和“社会交往”在人的高级心理机能发展中的重要作用。所有这些研究都使建构主义理论得到进一步的丰富和完善，为实际应用于教学过程创造了条件^[96]。

在建构主义学习理论中，知识不是通过教师教就能获取的，而是通过学习者在一定的情境



即社会文化背景下，借助其他人（教师、父母、同伴等）的帮助，利用必要的学习工具和资料，通过有意义的建构而获得的，因此建构主义学习理论认为情境、协作、会话和意义建构是学习环境中的四大要素。但是在 20 世纪 90 年代之前，建构主义基本上是一种研究上的纯理论，直至多媒体和网络技术逐渐普及后，建构主义才慢慢实践于教学。由此看出，建构主义和信息技术在教育中的整合是相互辅助、相互促进的。多媒体和网络在信息技术与课程整合中的主要优点在于交互性、共享性、探究性、协作性和自主性^{[82],55}。下面，本研究结合天文教学的特点分析信息技术在建构主义理论的各个要素中所发挥的作用。

①情境，指的是教师为学习者创设的有关教学内容的情感氛围及物理环境。在情感上，通过故事典故、生活经历、模拟场景等方式让学习者进入学习情境，目的是用生活化、形象化的情境将学习者原有知识及经历调动出来，使之产生共鸣，并激发兴趣与好奇心。物理环境包括教室的陈设、实验教具等。本研究 2.1.3 节已经提及学生在日常生活中所获得的天文直接经验非常少，教学的内容不直观且无交互。因此教师非常有必要借助信息技术如图片、视频短片、数字星空软件展示学生即将学到的内容而创设教学情境。同时，介绍神奇浩瀚的宇宙通常能激发学生的学习心向。在设计教学过程时加入这些情境，有利于促进学生对所学内容的意义建构。

②协作，是指人与人之间的协调与配合，在教学活动中通常指的是教师与学生之间、学生与学生之间的协作。建构主义学习理论中，学习者是主体，教师起辅助学习的作用，教师需要明确这一点。在具体实施过程中，教师要引导学生对学习资料进行搜集与分析、提出假设并验证、总结结论并分享，但教师并不能为学生去做这些事情，更不能直接将答案告诉他们。学生与学生之间是一种平等的关系，而且各自具备个性和特长。协作有利于学生之间充分发挥各自才能，并自主建构知识体系。因此，协作是贯穿于整个学习过程中的。有很多现代信息技术为协作的实时性、跨时空、资源共享等提供了技术支持。

③会话，指的是学习过程中的语言交流。在协作的过程中，教师的提问与学生的回答形成一种会话，学生若有不懂的问题向教师请教，教师给予回答也是一种会话。学习小组成员之间可以通过会话商讨如何完成规定的任务的计划，还可以将学习者的思维成果共享到整个学习群体。在现代教学中，教师和学生都会利用 email、QQ、云盘等信息技术实施跨越时空的会话。

④意义建构，是指学习过程中在原有知识经验的基础上获得事物的性质、规律以及事物之间的内在联系的更深刻理解，是教学过程的最终目标。知道学习者是如何获得知识后，能让教育者有针对性的设计教学内容，有效地帮助学习者进行意义建构。天文教学中，学生无法看到教学内容的对象或与其直接交互，因此信息技术提供形象直观的天文图片、模型，有利于学生理解客观事物间的联系；交互式的学习环境，有利于学生主动探究；超文本的知识组织和管理方式有利于发散思维和建立新旧知识之间的联系；互联网资源环境和分析工具是学生必不可少的信息加工工具。因此，在学生对当前所学知识的意义建构过程中，信息技术在天文教学中有



着其它教学媒体或环境无法比拟的优势。

(2) 多媒体学习认知理论

多媒体学习认知理论 (Cognitive Theory of Multimedia Learning) 是由美国著名教育心理学家、认知心理学家梅耶 (Richard Mayer) 在其《多媒体学习：我们是否提出了正确的问题》一文中首次提出^[97]。它的理论研究是基于以下三大假设：双通道假设 (Dual Channels)：学习者对视觉表征和听觉表征的材料进行认知加工时，使用各自独立的信息加工通道。该假设的理论基础是双重编码理论 (Dual Coding Theory) 和工作记忆模型 (Working Memory Model)；容量有限假设 (Limited Capacity)：学习者在每一个通道中同时存储和加工的信息数量是有限的，如果超过了该限度，学习将会失去意义。该假设的理论基础是工作记忆模型和认知负荷理论 (Cognitive Load Theory)；主动加工假设 (Active Processing)：学习者主动学习时会整合已有的知识与正在被展示的信息。该假设的理论基础则是生成学习理论 (Theory of Generative Learning)^[98]。因此，双重编码理论、工作记忆模型、认知负荷理论和生成学习理论这四种理论确保了三大假设的科学性，从而奠定了多媒体学习认知体系的基础。

梅耶根据以上提到的理论及假设，进一步丰富和发展了多媒体学习理论，并最终形成了多媒体学习认知模型，如图 2-1。

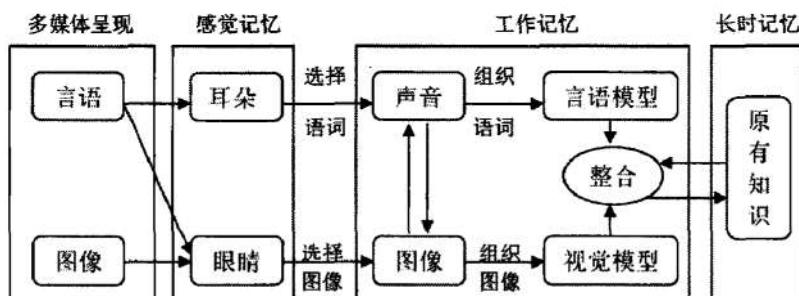


图 2-1 梅耶多媒体学习认知模型

该模型直观地呈现了学习者面对多媒体资源进行学习时的认知变化过程。从媒体资源以两种通道（言语和图像）呈现在学习者面前开始，至学习者将其转化为自己的知识并长时间记住的周期中，学习者的认知经历了三个过程：

①选择过程。当多媒体材料以言语和图像的形式呈现在学习者面前时会触发人体的听觉信道（耳朵）和视觉信道（眼睛）。这两个信道是各自独立的，大量研究表明，同时以视觉形式和言语形式呈现信息能够增强记忆和识别，提高学习者的学习效果^[99]。对于直接经验少、教学内容不直观的天文学而言，在讲授的同时呈现数字星空对教学效果非常有帮助。当学习者开始注意言语和非言语信息时，在容量有限假设的前提下，他们只能选择将重要的信息进行表征，即分别建立文本库或图像库。天文教师必须充分了解学生的原有知识，合理设计教学内容和呈现教学内容的策略，让学生既充分利用双通道又不造成过多的认知负荷。



②组织过程。学习者会将选择好的言语信息进行重新组织,形成有关情境的言语心理模型。同时会将选择好的视觉信息进行重新组织,形成有关情境的视觉心理模型。这二者都存储于情境缓冲区的短时记忆中。由于工作记忆也以“双重通道”为基础,因此在对相应信道中的信息完成信息的模型建构后,还需要在两种通道之间建立关联,即将有关联的听觉表象和视觉表象进行转换。例如文字是通过眼睛进入视觉通道,随后转为听觉表象再进行组织。听故事时在脑海里想象的画面就是言语信息由听觉通道进入后转为视觉表象的情况。这就启示天文教师需要充分关联语言讲授和视觉呈现的内容。

③整合过程。学习者需要先提取长时记忆中的原有知识,将它与经过加工后的言语模型及视觉模型进行整合和建构,生长出新的知识体系,最后将新的知识体系存储到长时记忆中去。学生只有顺利经历整合过程后才能实现有效的学习。

该学习理论对天文教学的指导意义将于本研究中 4.1.1 节中详细介绍。

(3) 多元智能理论

美国心理学家霍华德·加德纳 (Howard Gardner) 在他的《智能的结构: 多元智能理论》首次提出“多元智能”的概念。他认为人的大脑有不同功能的区域,而不是人们通常认为的人类只有一种智能的语言/逻辑理论学观点。智能是一种加工信息的生物心理潜能,这些信息能在某文化形态中激活,并对某种文化进行有价值的问题解决或产品创造^{[80],68}。这些智能是多元的,主要分为以下八种:

①言语/语言智能: 它是指人对语言的掌握和灵活运用的能力,表现为个人的听、说、读、写、交流等。例如学生能说出问题、发表观点、录制漫游配音等。②逻辑/数理智能: 它是指人对逻辑结构关系的理解、推理、思维表达能力,表现为个人对事物间各种关系的敏感以及通过数理进行运算和逻辑推理等。例如学生对恒星坐标单位进行换算。③视觉/空间关系智能: 它是指人对色彩、形状、空间位置等要素的准确的感受和表达的能力,表现为个人对线条、形状、结构、色彩和空间关系的敏感以及通过图形将他们表现出来的能力。例如学生通过二维、三维的数字星空在脑海中建构真实的宇宙情境。④音乐/节奏智能: 它是指个人感受、辨别、记忆、表达音乐的能力,表现为个人对节奏、音调、音色和旋律的敏感以及通过作曲、演奏、歌唱等形式来表达自己的思想或情感。例如学生会选择合适的音乐插入到自己的漫游作品中。⑤身体/运动智能: 它是指人身体的协调、平衡能力和运动的力量、速度、灵活性等,表现为用身体表达思想感情的能力和动手的能力。例如学生能在使用计算机时灵活点击鼠标和敲击键盘。⑥人际交往智能: 它是指对他人的表情、说话、手势动作的敏感程度以及对此做出有效反应的能力,表现为个人觉察、体验他人的情绪、情感并做出适应的反应。例如学生在教学过程中与同学或老师之间的交流。⑦内省智能: 它是指个体认识、洞察和繁星自身的能力,表现为个人能较好地意识和评价自身的动机、情绪、个性等,并且有意识地运用这些信息去调适自己生活的能力。例如学生完成探究项目之后会对自己的作品进行评价。⑧自然观察者智能: 它是指人们辨别生



物（植物和动物）以及对自然世界（恒星、月亮）的其它特征敏感的能力。例如学生能够在望向天空时辨别出太阳和月亮的不同特征。

在传统教育中，前两种智能是比较受重视的，而每个学生实际上都不同程度的拥有其它智能，只是不同的组合以及不同智能的强弱表现出了个体间的智能差异。如果给予适当的鼓励，提供教育和指导，实际上大多数人的每一种智能都能发展到令人满意的水平。而且这些智能之间通常以复杂的方式共同起作用。加德纳仅提出了这八种智能，它们所表现出的形式却丰富多样，能够描述人们生活中的大多行为表现。1999年，加德纳提出了存在智能的可能性，但没有详细的描述。因此，人类智能不应局限于他所确认的八种类型，个体到底存在对少智能是值得不断探讨的^{[80],70}。

多元智能理论的提出刷新了学校教育的重要意义。它促使学校从只重视言语/语言只能和逻辑/数理智能的教育目的转向为注重不同智能的共同发展。通过不同的教学方法，在课程及实践中为所有学生提供发展不同智能的空间和机会，例如角色扮演、陈述故事、基于项目的学习等。在进行教学评价时，针对不同的智能设计不同的评价方式，例如阅读测验、论文撰写、自我概念评估等。总之，教育的目的从一元或二元的智能培养转变到多元智能的培养，促使教学方法、教学评价等系列教学活动发生转变。本研究中具体的天文教学模式积极采纳了多元智能理论，重视创新教育，企图通过天文教学过程激发学生的多元智能，实现个体的全面发展。

2.2.3 基于科学数据的天文教育思想

（1）天文科学数据的特征

科学数据（或研究数据）是指在科技活动（实验、观测、探测、调查等）中或通过其他方式所获取的反映客观世界的本质、特征、变化规律等的原始基本数据，以及根据不同科技活动需要，进行系统加工整理的各类数据集^[100]。天文科学数据则是在天文观测、计算机模拟过程中所获得的具有科学价值的数据，它具有数据来源集中、数据类别特定、数据量庞大、数据共享的特征。这些特征为基于科学数据⁶的天文研究和天文教育奠定基础。

①数据来源集中。天文学只能被动地接收天体发出的信号，因此自古以来天文学的研究就是基于观测的研究。为了达到更好的观测效果，研究者就需要借助仪器收集科学数据。而在天文学上，这种仪器就比较的单一，那就是望远镜。用于科学的研究的大型的先进的望远镜设备都是由国家承担建设，或者多个国家联合建设而成。从而，天文科学数据并不像其它学科需要搜集散落于各个实验室的科学数据，这对于数据来源而言是一种比较集中的形式。美国宇航局（NASA）、欧洲南方空间局（ESA）、中国国家天文台（NAOC）等天文研究机构已建立起一批

⁶ 为避免“基于天文科学数据的天文研究和天文教育”在语言上的重复性，本文中没有特别说明的“科学数据”都是专指天文领域中的科学数据。



数据中心，天文学家不需要守候在望远镜前等待数据，他们只需要在计算机、网络和数据库接口的条件下就可获得世界各地望远镜的观测数据。

②数据类别特定。目前，天文学所能开展的多信使研究仅限于电磁波、中微子、宇宙线和引力波。电磁波是人类所能接收到天体发出的最强信号，因此天文学研究也是以电磁波为主。在电磁波探测技术的推进下，天文观测已由最初的可见光观测拓展至全波段观测，相应的观测数据也拓展至全波段数据。不同的天体发出的电磁辐射在不同波段上的强度不同，例如黑洞的可见光辐射并不明显，但X射线辐射却异常强烈。研究天体在不同电磁波段的特性意义非常重大。

③数据量庞大。望远镜制造技术和高性能计算机技术使得望远镜的观测数据急剧增长，世界范围的天文数据量从最初的千字节到兆字节，20世纪80年代末发展到千兆字节，90年代中期到了万亿字节，如今则是千万亿字节^[101]。例如哈勃空间望远镜（HST）现在每天约产生40GB⁷的数据，盖亚探测器（Gaia）收集到的原始数据将会有100TB^[102]。正在智利北部建造的大口径全天巡视望远镜（LSST）预计每秒产生3GB以上数据。这意味着该望远镜每晚的工作量达20-30TB的观测数据，一年下来的数据量将达1.28PB^[103]，天文学已然进入一个“数据雪崩”的时代^[28]。

④数据共享。天文望远镜科学项目所产生的数据主要遵循分阶段释放以及课题组优先使用的政策。一方面保证为望远镜做出各种贡献的科学家和工作者的权益，另一方面通过共享让数据价值达到最大化，同时减少重复生产和复制科学数据的投入，让研究者将更多时间精力放在发现和创新上。天文领域的科学数据来源相对集中，有利于数据的共享。目前，许多大型天文观测项目已经根据国家和国际组织规定的相关法律与规范，建立起天文数据共享平台，以及各望远镜和天文台数据发布的网络平台，这在各类学科中是对一无二的^[104]。

（2）数据密集型时代的天文研究

在人类探索自然、推进科技的历程中，科学研究的方法呈现出几种鲜明的模式。早期的实验科学使得人们通过尝试混合不同比例的硝石、硫磺和木炭制成火药，利用两片玻璃制成望远镜观察日月星辰的运行变化；当人们从自然现象中总结出越来越多的规律时，理论科学出现了。日心说推翻了地心说，牛顿提出了物体运动的三个基本定律，由现象精炼出的模型与原理看似简单而纯粹；面对星系碰撞、气象蝴蝶效应、神经元活动等复杂问题时，理论和实验的局限性促使人们利用计算机技术进行模拟和仿真，这就是计算科学；在信息技术迅猛发展的今天，从宏观到微观、从自然到社会的观察、探测、计算、仿真、模拟、传播等方式产生的海量科学数据推动着科学进入一个崭新的阶段，促成了各领域热门的“大数据”（big data）研究，这种数据密集型的科学发现被称为科学研究的第四范式^[105]。这就意味着，基于数据的科学发现已成为继实验（观测）、理论分析、科学计算之后，科学发展的另一个重要支柱^[101]。

⁷ GB为十亿字节；TB为万亿字节；PB为千万亿字节



天文学是最早进入这种范式转换的领域之一^[106]，并成为数据密集型科学的领头羊。结合前文介绍的天文数据特征可得出三个因素：第一、天文学最早采用（某种程度上是发展了）现代数字探测器，并把科学计算作为数据处理的手段，把数值模拟作为一种科研工具；第二、美国宇航局等空间机构为其空间科学计划建立起一批数据中心，在一定的保护期后把科学数据面向全社会开放共享；第三、大型数字巡天计划的出现并成为天文数据的主要来源^{[101][107]}。

随着计算机与互联网的飞速发展，网格技术、XML 技术、语义网技术等全新信息技术技术的涌现，使得海量、分布式、多波段天文数据的无缝融合和处理成为可能。在这样的背景下，旨在将世界范围内主要天文研究资源无缝透明地整合在一起的虚拟天文台设想应运而生^{[28][47]}。虚拟天文台（Virtual Observatory，简称 VO）是指通过先进的信息技术将全球范围内的天文研究资源无缝透明连接在一起形成的数据密集型网络化天文学研究和科普教育环境^{[101][108]}。它让研究者只需通过客户端和互联网就能搜索、下载、分析、再利用所有天文数据，即使这些数据来源于不同的望远镜^[106]。1999 年，美国科学院天文与天体物理发展规划委员会在名为“新千年的天文学和天体物理学”的未来十年发展规划中把建立国家虚拟天文台（NVO）作为最优先推荐的项目之一。此后，世界各国纷纷响应，成立国际虚拟天文台联盟（IVOA），致力于定制有关数据交互操作的标准和规范，使数据产品生成、管理和使用的各个环节都在标准的框架下进行。中国虚拟天文台于 2002 年加入该国际联盟，它是一个数据驱动的科研信息化环境，基于标准、完整、有质量保障的元数据和科学数据系统，通过具备互操作能力的软件、工具和服务，为天文学家等科学家用户打造一个泛在融合的信息化科研新模式；同时，这是一个开放的平台，通过标准的接口和协议与国际上的资源和服务实现无缝融合^[101]。由此看出，现在及未来的大多数天文学家事实上已经不再亲自使用望远镜进行观测研究，取而代之的是通过信息技术分析和研究存储于数据中心的天文数据。

（3）基于科学数据的天文教育

在科学数据洪流的推动下，天文学家进入基于数据密集型科学发现的研究模式，并提出虚拟天文台的解决方案。然而，仍有科学家指出“虽然数据每年都在增长，但是有用的信息似乎在减少”^[109]，“数据和我们理解数据的能力存在越来越大的鸿沟”^[110]。虚拟天文台发起人 Alex Szalay 等人认为，VO 能促使天文研究大众化：不论是研究员还是学生，也不论他们身处的地理位置，他们都能获得相同的数据和工具。从长远的角度来看，VO 对天文教学、信息技术和科学发现方法而言将是一笔庞大的财富^[111]。科学家也呼吁众多学生及年轻的研究者与天文学家携手合作，共同研究这些盼望已久、弥足珍贵的数据^[102]。Kirk Borne 则明确提出，科学、经济、商业等领域想要获得成功则必须培养下一代理解数据的智力。天文学家需要学习和应用新的数据科学和技术来推进人们对宇宙的理解；非天文学家则需要在数据暴增的时代背景下提高信息素养和终身学习能力，使其成为 21 世纪的有效劳动力^[112]。乔翠兰等人认为日益累积的真实数据日益累积的真实数据对学习者至关重要，它们不仅可以用作学习者的科研训练，而且急需



进入天文课堂教学中，进一步加强数据与教学的关联程度，变革以往与数据较为脱离的教学方式，让青少年尽早、尽可能多地接触真实数据，通过潜移默化的作用，培养下一代天文学工作者所必须的数据处理能力，如数据的获取、挖掘能力，以及创新和批判地思考的能力，成为一个好的问题解决者的能力等^[17]。

根据以上天文数据的特征及天文研究发展的趋势，本研究提出基于科学数据的天文教育（Astronomy Education based on Science-Data, AESD），它是指以科学数据为核心，以信息技术为桥梁实现科学数据的组织、呈现和交互，以培养学生天文科学素养和天文信息素养（特别是数据素养）为目标的教育与科普活动。天文科学素养主要包括天文知识和天文研究技能。天文信息素养是指有效地获取、评价和利用天文信息的能力。数据素养（data literacy）作为信息素养的子集，主要包括人们的数据意识，对数据的采集、组织和管理、分析和挖掘、解释与决策等方面的能力，以及在与数据交互的过程中的伦理道德。它将促进数据密集型研究环境的建设，也是科研人员必备的创新能力^[113]。数据素养还需要走出科研圈，成为每个人适应大数据潮流、应对挑战的基础素养之一^[114]。可见，基于科学数据的天文教育虽是数据密集型时代对天文研究人才需求的产物，但是它有着更深远的意义。

基于科学数据的天文教育的特征主要有以下四点：

①科学性。科学数据源自于客观的天文观测。天文教育中使用的科学数据与天文学家从事科学研究的数据来自于同样的数据集。以此开展的教育活动能避免其它物理模型或数值模拟中存在的缺陷或不真实性。

②直观性。以往光学望远镜所产生的天文科学数据大多以数字图片的类型存在，其直观性显而易见。在多波段天文观测及探测技术快速发展之后，天文学家获得了许多非肉眼可直接辨别的科学数据，但是可视化技术巧妙地解决了这一难题。有效的可视化是数据探究、分析和理解的重要环节，也是数据挖掘不可分割的一部分。可以说，可视化是科学数据所蕴涵的定量内容和对其直观理解的桥梁^[101]。天文教育的可视化技术就相当于人们熟知虚拟现实技术（Virtual Reality），它能带给观看者最真实的星空认识。现如今，天文学家利用已有的数字图片数据和可视化技术可以拼接出一个无缝透明的数字星空。人们不再局限于用个人望远镜去了解天体和天象，只需要利用计算机就可以了解全面的星空。这样每个使用者就可以为自己的需求找到广阔的空间^[115]。该特征很好地克服了天文教学不直观的困境。

③交互性。前文 2.1.3 节中就已介绍到天文教育因教学对象的特殊性，极少有直接交互的机会，即便是天文观测也面临着重重困难。而基于数据的天文教育是一种信息技术与课程相整合的教学模式，它能为学生提供查找、浏览、统计分析、可视化、数据挖掘等交互操作的体验。因此，学生与数据交互的过程实际上就是以科学探究的方式学习天文知识和技能的过程。

④沉浸性。科学数据量是庞大的，它是科学研究的基础，同样能表达当前所有科学的研究成果，而这些研究成果和研究方法就是天文教育要向受教育者传递的信息。基于科学数据的天



文教育直接以天文科学数据作为教育环境，既展示了科学研究的成果又为学生提供探究性学习的环境和资源。基于科学数据的天文教育平台还能融合其它模拟数据、数据分析的工具、数据分析教程、教学资料等等，这种综合性平台可能实现天文教学与研究的“一站式”服务。

目前，美国已经实施了全民科学项目 Galaxyzoo，它是将数据与知识相连接的成功案例^[66]。学生利用斯隆数字巡天的科学数据，探索近至小行星远至类星体的重要问题^[17]。根据虚拟天文台的定义可知，它是当前实现 AESD 的一种有效工具。这样的教育案例国内外皆有，例如欧洲虚拟天文台利用已有的专业软件工具设计适合不同年龄学生的学习模块，其中的一个典型案例是教大学生使用 Aladin 软件计算仙女座星系的距离^[116]。中国虚拟天文台上线了公众超新星搜寻项目，10 岁的廖家铭于 2015 年 10 月通过该平台发现了一颗 IIP 型超新星，成为国内年龄最小的超新星发现者^[117]。有学者曾基于虚拟天文台的特征总结了它在天文教育中的优势：为天文教育提供丰富详实、实时动态的资源和数据；探究式学习的良好平台；实现多层面的学习需求；突破学习的时空限制；高度体验；提供协作学习环境^{[28][118]}。

综上所述，基于科学数据的天文教育是一种适应数据密集型时代，充分利用数据和信息技术优势，克服天文教育困难的可行的教育方法。本研究正是基于科学数据的天文教育思想，将以海量真实科学数据作为底层资源的 WorldWide Telescope 软件平台应用至天文教育中，从新的角度思考信息技术与天文教学整合的方式和意义。

2.3 基于 WorldWide Telescope 的天文教育

2.3.1 WWT 的发展历程

约翰·霍普金斯大学的 Alex Szalay 教授与微软研究院的高级研究员 Jim Gray 于 2001 年在《Science》杂志上发表文章，论述当今天文数据的爆炸式增长给科学家带来的挑战，并阐述虚拟天文台为天文研究和教育提供解决方案的构想。其核心思想就是让互联网成为世界上最强大的一台望远镜——万维望远镜（a World-Wide Telescope）^[119]。这是 WorldWide Telescope 第一次以理念的形式呈现在世人面前。在 Jim Gray, Alex Szalay, Curtis Wong, Jonathan Fay, Alyssa Goodman 等人的共同努力下^[120]，WorldWide Telescope 于 2008 年首次以实体软件的形式通过 TED（Technology, Engineering, Design）面向公众，而且是完全免费，只为纪念 Jim Gray⁸先生^[121]。2009 年 WWT 便被美国《时代》周刊评选为最佳 50 个网站之一^[122]。2015 年 1 月，微软正式将 WWT 开源，任何人都可以基于此开源软件进行再度开发，制定个性化教育与科研项目工具。

⁸ Jim Gray 是一位美国计算机科学家，图灵奖获得者，与 Alex Szalay 共同提出科学的研究的第四范式。主要研究领域是大型数据库和交易处理系统，并长期致力于可伸缩的计算，在市售软件和硬件基础上构建超级服务器和工作系统。不幸的是，他于 2007 年 1 月 28 日驾驶自己的快艇在从旧金山驶向费拉隆岛的途中失踪。



开源后的软件将肩负三项使命：发展天文学研究，改善正式与非正式的天文教育，以及向大众普及天文学知识。2016年1月第227届美国天文学会（AAS）年会上正式宣布WWT落户AAS，由该组织鼓励天文学家、软件工程师、教师等各个领域的专家投入该项目的开发与研究，促进WWT形成一个更大的生态系统，并通过该平台加强和分享人们所理解的宇宙^[123]。

2.3.2 WWT 的技术特点

WorldWide Telescope（WWT）是一个让个人电脑变成虚拟望远镜的可视化环境——它将来自世界最好的地表望远镜和空间望远镜的图像拼接起来供人们探索宇宙。WWT将不同来源的兆字节的图像、信息和故事混合至一个无缝的、沉浸式的、丰富的媒体平台⁹。WWT软件平台是通过网格技术轻松地访问分布在世界各地的天文数据、图像、文献资料等信息，它正是虚拟天文台理念的实体化身。中国虚拟天文台负责人崔辰州研究员更是将其称为虚拟天文台的大众版。

WWT软件平台整合了海量的真实的科学的天文数据，但是用户所面对的数据并不是数字，更多的是图像。一方面是由于早期天文研究获取的数据就是光学望远镜所拍摄的星空图像，后来才发展至多波段观测以及其它数据的获取。另一方面是可视化技术在天文研究中的大量应用。虽然人类能够借助计算机进行各种复杂的运算，但是计算机并没有人的大脑和视觉系统那种寻找模式和发散思维的高级功能。因此，天文学家会将非可见光波段的数据用伪色彩或图形加以表征，从中寻找计算机无法发现规律。正如美国计算机科学家布鲁斯·麦考梅克在1987年首次阐述了科学可视化（Scientific Visualization）的目标是利用计算机图形学来创建视觉图像，帮助人们理解隐藏在那些错综复杂而又规模庞大的数字背后的科学技术概念或结果^[124]。

WWT基于海量科学数据的可视化星空与其它基于部分天文数据的理想化数值模拟星空有明显的区分点。如图2-2所示，左图为WWT软件中北极星附近的星空图，将视场不断缩小时，能看到DSS（Digital Sky Survey）所拍摄到的所有星空细节，甚至是光学望远镜拍摄时产生的星芒。点击“寻星镜”上的链接，就能直接进入DSS原始数据库页面。右图为另一款常见的数值模拟星空软件Stellarium的截图，内容几乎是与左图同视场的一片星空，图中星点都是规则圆点，且星点附近并无其它内容。就像一个纯黑色的幕布上按照星点的位置及亮度设置一些亮点。所以这些点的大小、颜色、亮度信息都是计算机模拟并非望远镜拍摄的真实星空图景。因此，数值模拟的星空呈现内容非常有限，而且此类数字星空通常只有一个固定的“星空”视角，它作为天文教学工具存在许多局限性。数值模拟有其自身优势，但并不是本文的研究重点，遂不在此详细介绍。

⁹ WWT官方网站对此软件平台的描述 <http://worldwidetelescope.org/About/>



图 2-2 可视化天文科学数据与数值模拟的数字星空对比

WWT 软件平台的用户界面非常简洁，功能菜单排列有序。利用电影胶片式的缩略图布局使得用户能直观便捷地寻找目标。这种艺术性的界面是由微软下一代媒体研究组的首席研究员 Curtis Wong 负责设计，他曾经在 Intel 公司开发过多媒体 CD-ROM、交互式图书和在线艺术展，拥有多达 45 项交互式影像专利。同时，借助微软的高性能视觉体验引擎（Visual Experience Engine），WWT 能把观众带入一个数字的宇宙剧场^[125]。

WWT 除了基于 Windows 系统的客户端版本，还有基于浏览器的网页版本^[126]。2015 年以前，网页版是基于 Silverlight 技术制作，2015 年以后升级为基于 HTML5 技术的版本。用户的体验更加流畅，补充了“太阳系”模式。这使得人们能够随时随地触及最“真实”的宇宙。WWT 软件还应用了 Layerscape 等技术，但由于它是微软公司的产品，目前人们对其技术细节知道得比较有限。

WWT 这款特征鲜明的天文软件，它不仅具备搜索天体、模拟天象、连接实体望远镜等基本功能，与其它天文软件相比它还有以下特征和优势：

(1) 海量的真实科学数据及网络链接形成丰富的天文资料库，可供天文学家、教师、天文爱好者进行研究、学习或探索全波段天空。

(2) 在现实生活中，人们无法克服客观的自然和人文环境观测星空，更不可能改变自身在宇宙中所处的位置。而 WWT 无缝拼接的数字星空能带给用户最真实的观星体验，多指向的模式（星空、地球、太阳系等）能从不同角度、尺度、精度认识我们的宇宙。

(3) 向导式漫游功能不仅能让用户欣赏天文学家或教师制作好的漫游节目，还允许用户自己创作并与他人分享。此功能是 WWT 软件平台最鲜明的特色，在天文教育与科普中的应用非常广泛。

(4) 用户能够利用 Excel 将自己的本地数据在 WWT 中进行可视化。WWT 允许用户导入自己拍摄的图片形成全景图，或是与原有科学数据图进行交叉比对，进行科学发现。



(5) 轻松转换为圆顶投影和 3D 模式。WWT 软件平台不仅能够在平面屏幕上观看，还能通过简单设置转换为圆顶的球幕式投影。在电脑上制作的平面式 WWT 漫游可以毫无阻碍地在圆顶中播放。WWT 软件平台能够支持色差式 3D 播放效果，用户戴上相应的 3D 眼镜后，能够体验最真实、立体的天体或宇宙。

(6) 可外接多种互动设备。目前 WWT 软件能够与 Kinect 体感设备，Oculus 头戴显示器，Xbox 游戏手柄，MIDI 数字调音台等设备连接。这在互动式教学、科学普及等活动中能激发人们对天文的兴趣，使得天文学习更有体验性。

2.3.3 WWT 与天文教学整合的方式

北京师范大学的刘儒德博士将信息技术与教育相整合的进程分为四个阶段：计算机素养的培养阶段、课程整合阶段、课程改革阶段、全方位教改阶段。马宁、余胜泉则指出，这“四阶段”说略显概括，为使广大一线教师明白信息技术和课程整合可以从哪几部分入手，自己的探索处于什么层次上，如何进一步改进等，他们根据信息技术与课程整合的不同程度和深度将其分为三个阶段：封闭式的、以知识为中心的课程整合阶段；开放式的、以资源为中心的课程整合阶段；全方位的课程整合阶段^[81]。

本研究通过对 WorldWide Telescope 软件平台功能的细致分析，结合马宁等人的阐述，总结出 WWT 作为信息技术学习对象，作为演示工具，作为个别辅导工具，作为资源环境，作为信息加工与知识构建工具，作为研发工具与天文教学进行整合的方式¹⁰。信息技术与天文教学整合的研究仍处于初级探索阶段，众多教师对 WWT 平台不甚了解。因此，本节将围绕前两个整合阶段进行详细描述，而将全方位的或深层次的整合视作最高目标及未来努力的方向。这些整合方式都是本研究的三种具体教学模式中重要的教学环节，其整合层次的多样性也使得教学媒体在天文教学过程中保持了高度的一致性。

表 2-1 WWT 与天文教学整合的方式

层次	教学策略	学习方式	教师角色	学生角色	教学评价	WWT的作用	硬件要求
WWT作为学习对象	说教式讲授、操作演示、练习	集体听讲、自主探索	知识施与者	接受知识、主动学习	上机操作测试	学习个性化设置、制作漫游等	一台教师机、投影仪
WWT作为演示工具	说教式讲授、播放漫游	集体听讲	知识施与者	接受知识	纸笔测试、口头问答	展示星空、模拟天象、播放漫游等	一台教师机、投影仪

¹⁰ WWT 软件平台带有“社区（Community）”功能，可供天文学家、教师、学生共享科学数据、漫游作品等信息，起到协作工具的作用。但是笔者在当前的天文教育中并未涉及此工具，遂不详细介绍。



WWT作为个别辅导工具	个别辅导式教学、个别化学习	虚拟实验、个体学习	交互式漫游的开发者或选择者、辅导者	主动学习、接受漫游讲授并参与交互	纸笔测试或漫游测试	简单的人机交互工具，实现教师智能的部分代替	人手一台计算机、互联网
WWT作为资源环境	探索学习等策略	个体学习、协作学习	教学的引导者、帮助者	学习主动参与者	测试或学生的作品	资源收集、查询工具	人手一台计算机、互联网
WWT作为信息加工工具	个别化学习、协作式学习	个体学习为主、少量协作学习	知识施与者、学习的指导者、活动组织者	学习主动参与者	测试或学生的漫游作品	学生表达思想、观点、交互的工具	人手一台计算机、互联网
WWT作为研发工具	多种学习策略，以发现式、任务驱动式为主	协作学习、个体学习、二者均有	教学的指导者、帮助者、促进者	主动探索、发现、建构	有一定价值的作品、研究型论文	创作漫游、可视化工具	人手一台计算机、互联网

(1) WWT 作为信息技术学习对象

信息技术作为学习对象包含三方面的含义：学习信息技术科学知识。像物理、化学一样，信息技术科学也凝聚了人类的智慧，学生应当学习信息技术科学知识，了解计算机的基本原理、构成、应用模式、历史以及未来发展趋势等；学习信息技术基本技能。信息技术在社会中具有广泛的用途，作为未来社会的公民，学生应当掌握信息技术的基本技能，如开关机器、使用键盘和鼠标、管理磁盘、软件等；学习信息技术对社会的用途和影响。信息技术对社会产生了重大影响，学生应当了解信息技术给社会各领域带来的变化及问题，知道信息技术能做什么、不能做什么^{[80],33}。

天文课程毕竟不是信息技术课，教师不会在课堂上讲解计算机的基本知识，但是 WWT 作为一个功能强大的天文软件平台，掌握此类软件的使用方法对培养学生的天文信息素养（特别是数据素养）是非常有帮助的，如表 2-2。首先，最通用的技能是下载和安装软件，启动、关闭或者卸载软件，再就是对软件做一些个性化的设置。例如，遇到软件的默认语言是英语，且自带语言切换功能时，用户可以尝试将软件的语言转换为自己的母语。在 WWT 顶端菜单“Settings”的下拉菜单中，选中“Select Your Language”，在弹出的语言选择对话框中选择“Simplified Chinese（简体中文）”即可。然后，是对软件本身的一种学习，这种学习可以触类旁通至其它天文软件。学习者需要掌握如何使用软件，从最简单的让星空的视场缩放或平移，到复杂的制作完整的漫游，再到基于该平台的科学研究，最大程度的学会这些功能才能在此基础上进行发挥创造。对于简单的操作，教师不用刻意去教。中等的操作技能则由教师在课堂中边讲课边进行演示即可，最复杂的操作技能才需要教师做计划进行教学。对于学生来说，学习方式有看说明书或教程，向老师或同学请教，或者自己在实践中摸索。最后，通过基于 WWT 的教学传播信息技术在学习、生活和工作的应用，培养学生的信息素养。在学习天文的过程中，除了应用到 WWT 软件，还可以使用其它信息技术如图片、音频编辑软件促使漫游效果更好，或者利用 Excel 存储数据并编写函数。在使用他人成果时注意引用，在提交漫游作品时填写完整的个人信息。这些都可以成为教师渗透利用信息技术解决问题及知识产权保护等理念的教学



过程。

表 2-2 WWT 作为学习对象的内容

内容	目的	举例	
通用技能	培养使用软件的通用基本技能	下载、安装、启动、卸载软件；个性化设置等。	
WWT功能	能灵活应用WWT软件功能从事学习和研究，并作为其它天文软件的基础	基础	演示星空、模拟天象、选择模式、搜索天体、寻找文献和数据、获取图像、设置图层、收藏天体、对比多波段图像等。
		高阶	制作WWT漫游中的动画；通过ASCOM软件驱动真实望远镜的赤道仪；将Excel中的数据用WWT可视化等。
理念	培养利用信息技术解决问题的意识和知识产权保护意识	使用天文软件找星，使用音频软件删除杂音，使用图片处理软件抠图等；提交漫游时，在属性栏填写完整的个人资料，包括姓名、邮箱等。	

(2) WWT 作为演示工具

将信息技术用作学科教学的演示工具，是信息技术与课程整合的最低层次，目前大多数基础教育和高等教育都会采用这种方式。教师可以使用现成地计算机辅助教学软件或多媒体素材库，选择其中合适的部分用在自己的讲解中。也可以利用 PowerPoint 或者一些多媒体制作工具，综合利用各种教学素材，编写自己的演示文稿或多媒体课件，清楚地说明讲解的结构，形象地演示其中某些难以理解的内容，或用图表、动画等展示动态的变化过程和理论模型等。另外，教师也可以利用模拟软件或者计算机外接传感器来演示某些实验现象，帮助学生理解所学的知识。这样，通过合理的设计与选择，计算机代替了幻灯、投影、粉笔、黑板等传统媒体，实现了它们无法实现的教育功能^{[80],33}。

在多媒体学习认知理论的指导下可知，演示工具对不直观、无交互的天文教学有重大意义。WWT 平台作为演示工具对天文教学的帮助主要体现在以下三个方面：

①WWT 平台是一种现成的天文教学资源媒体素材库。它包含五种模式：星空（Sky）、太阳系（SolarSystem）、行星（Planet）、地球（Earth）和全景（Panorama），以不同的视角呈现出了人们所能理解的最真实的宇宙^[127]。星空模式是以光学波段的 DSS 数字巡天数据为底层数据，以其它望远镜或其它波段数据为叠加图层的无缝拼接数字天球。所有地球以外的天体如行星及其卫星、恒星、星团、星云、星系等都按照其实际大小、亮度、位置“贴”于天球内表面，为人们重现仰望天空时所能见到的星空景象。太阳系模式以宇宙三维空间展示了太阳系天体真实的样貌、体积、位置、公转、自转等基本物理性质。此模式能俯瞰整个太阳系天体的运行规律，还能展示银河系全貌以及目前已探知的宇宙星系蝴蝶图。行星模式是在一个固定的三维球体上独立地展示七大行星。虽然被称作“行星”模式，但是它也包含太阳这颗恒星，月球及木星的四颗伽利略卫星，还有降为矮行星的冥王星。地球模式跟行星模式的表现形式相同，用来展示地球的地图数据，其中包括卫星、街景、夜景、混合、一月冬景和七月夏景等多种显示方式。全景模式是探测器登陆的月球和火星后以相机所在地为中心，360 度拍摄周边环境所呈现的图像模式。月球的全景数据仅有阿波罗 12 的登陆地点和阿波罗 17 在 Shorty 环形山附近拍摄的全景图。其余的数据均来自火星探测器，如探路者号、勇气号、机遇号、凤凰号等。该模式中还



含有部分 3D 偏色效果图^[128]。由此可见，众多显示模式及丰富的天体数据节省了教师寻找素材的劳力。WWT 中的高清显示效果也超越了一般网络资源的图片。更重要的是，WWT 中呈现的天文资源是在一个接近“真实”的宇宙环境中，从多个角度、尺度和精度帮助学习者构建正确的宇宙模型，消除错误的迷思概念（Misconception）。

②WWT 平台还是一个动态呈现天体运行过程的平台。天体的运行通常是一个漫长的过程，如月球绕地球公转一周需一个月，地球绕太阳公转一周需一年。天文现象的发生更是可与不可求，例如 2009 年 7 月 22 日的日全食只有在长江流域的人们才能看见，2012 年 6 月 6 日的金星凌日被称为世纪凌日，因为下次金星凌日发生在 2117 年。很显然，并不是所有人都能看到这些现象，但是 WWT 可以让这些现象重现，合理设置“显示（View）”菜单下的观测地点和观测时间即可。在观测时间的设置窗口中，还能以 10 的次方数调节天体运行的速率，最快能达 10^{10} 倍。因此，2009 年的长江日全食全程历时约 150 分钟，以 100 倍的速度运行，只需 1.5 分钟则可观看完全过程。基于此方法，WWT 平台还能动态演示地球昼夜更替、火星逆行、月球掩星、冲、合、食、凌、相等多种天文现象。结合前文介绍的星空模式和太阳系模式，学习者不仅能看到从未见过的天文现象，还能从多个视角理解天体运行的规律。

③WWT 更具特色的是它具备制作和播放天文教学课件的功能，即漫游（Tour）。微软在设计 WWT 软件的时候，充分融合了 PowerPoint 幻灯片演示功能的优越性，使得用户能像做 PPT 一样在 WWT 平台上添加幻灯片，然后在幻灯片中添加文字、图片、形状等内容，最后点击运行键即可实现连续播放。人们通常将基于 WWT 平台制作的演示文件称作漫游，文件格式为.wtt。具体制作漫游的方法可参考《基于数字天空的天文教学培训—微软 WWT 在天文学中的应用》教师手册^[129]。根据教学需求，漫游可制作成三种效果。一种是视频短片式，通过编写脚本、录制旁白、编辑内容将教师所要讲解或演示的内容以 4-10 分钟的漫游短片展示出来。第二种是提示式，教师将教学内容按照讲解结构编写进漫游中，教师边讲解边播放漫游，自主控制幻灯片的切换，将 WWT 当作 PPT 使用。第三种是交互式，即漫游在播放过程中也能用鼠标对视场进行缩放、平移、旋转等操作，实现一种交互式体验。当交互任务结束后，漫游可以以第一或第二种方式继续播放。

综上所述，WWT 作为一种演示工具，不仅是现成的天文教学资源媒体素材库，还是一个动态呈现天体运行过程的平台，更是一种具备制作天文教学课件功能和拥有多种播放效果的工具。WWT 的演示功能将宇宙中的所有天体以直观的、真实的、动态的方式呈献给学习者，将学习内容与编辑课件的工具融为一体，突破了天文教学不直观、资源零散等困难。它能以一种虚拟实验室的形式补偿时户外观测、物理模型。

（3）WWT 作为个别辅导工具

随着计算机软件技术的飞速发展，市面上出现了大量的操练习型软件和计算机辅助测验软件，让学习者在练习和测验中巩固、熟练所学的知识，决定下一步的学习方向，实现了个别



辅导式教学。在这个层次中，计算机软件实现了教师职能的部分代替，如：讲解、出题、评定等。教学还在一定程度上注意学生的个别差异，提高学生学习的投入性。个别辅导式教学是一种内容特定、组织相好的计算机辅助教学程序。与一般的信息资源不同，学生可以通过与课件的交互来学习相应主题的知识和技能。根据不同的学习内容和学习目标，个别辅导软件提供的交互方式也有所不同，体现了不同的教学方法，形成不同形式的个别辅导软件，反映了利用计算机进行学习的交互方式，包括操练和练习、对话、游戏、模拟、测试、问题解答^{[80]33-34}。

虽然 WWT 不是为个别辅导而开发的天文软件，但是基于制作和播放漫游的功能，WWT 还是能实现讲解、练习、测试等个别辅导的教学效果。例如，美国 WWTA 项目组制作了以“月相”为主题的交互式漫游¹¹，该漫游以教师讲解和学生探究的方式呈现，学生听完教师的讲解后对天体运动、昼夜原因、以及相位变化等有了一定的认识。学生利用这个漫游和其配套作业可以独立地学习至少半个小时。倘若教师在课前将此漫游发送给学生，可以达到翻转课堂或预习的效果。教师在课堂上使用，它可以替代教师的部分讲解，不懂的部分还能反复观看。教师让学生在课后使用，则能达到复习和检测的辅导作用。

基于漫游设计的个别辅导资源的优势在于能让学生在课前、课中、课后使用，以达到不同的辅导作用，有很高的利用率。将这些数字化资源共享后，能有效改善天文师资缺乏的困境，让学生获得公平的学习天文的机会。虽然个别辅导式教学或个别化学习仍是封闭的，以“知识”为中心，但是学生自己能掌握学习进度。WWT 所带来的新鲜感有助于促进学习的积极性。其交互性使得学生有动手做的体验，促进知识建构。其动态演示效果能让辅导也显得生动有趣，而不单纯是对与错的结论性呈现。教师在课堂上要时刻关注学生的学习进展，在他们遇到障碍或问题时，给予及时辅导和帮助。此类教学的发生对课程设计和信息技术有较强的依赖性，因此在教学实践中并不普遍。

(4) WWT 作为资源环境

信息社会需要有信息能力的新型人才，而信息能力就是指获取、分析和加工信息的能力。用信息技术提供资源环境就是要突破书本是知识主要来源的限制，用各种相关资源来丰富封闭的、孤立的课堂教学，极大地扩充教学知识量，使学生不再只是学习课本上的内容，而是开阔思路，看到百家思想^{[80]34}。

将 WWT 作为资源环境时，主要培养学生的天文信息素养，让学生对大量信息进行筛选的过程中实现对天文的多层面了解。在本节“WWT 作为演示工具”中已经介绍了 WWT 包含五种模式：星空、太阳系、行星、地球和全景，以不同的视角呈现出了人们所能理解的最真实的宇宙。而 WWT 的内容远不限于此，它是将各大地面及空间望远镜和探测器的科学数据集合在此平台，例如哈勃空间望远镜、斯皮策空间望远镜、钱德拉 X 射线天文台、SDSS、DSS、VLA、

¹¹ 交互式月相漫游（Moon Phases Tour）的下载地址：
<http://betterlesson.com/community/document/1957645/moon-phases-tour-wtt>



WMAP、IRIS、GALEX、Fermi 等等，覆盖了整个电磁波波段。所有的数据并不是以原始数据出现，而是以一种可视化的方式，用伪色彩描绘了人类肉眼所不能看见的其它波段宇宙图像。

同样一个天体在不同波段上的表现是可以完全不同的，例如蟹状星云 M1 是位于金牛座的一个超新星爆发遗迹。它的光学图象能显示出电离氢的分布，射电图象能显示中性氢的分布，红外图象能显示尘埃和分子云的分布，而 X 射线图象则能显示高温热气体的分布和中心存在的中子星。要研究这类天体的物理过程，就必须结合几个波段上的数据来一起进行分析^[104]。WWT 中来自不同波段望远镜的图像数据可以进行交叉叠加，用户可以在 WWT 中将其 X 射线图像设置为背景图像，具体操作是在该图像的缩略图上点击右键，选择“设置为背景图像（Set as Background Imagery）”，然后用同样的方法将其哈勃望远镜的光学图像设置为前景图像，使用“图像轮换（Image Crossfade）”滑块即可调整两张图像的透明度，实现图像的叠加对比。天文学家也是通过这样的方法研究宇宙中的各类天体。

丰富的天文数据库、天文网页是利用 WWT 探索天文的重要资源。在菜单栏“探索”功能的下拉隐藏菜单中选择“显示寻星镜（show finderscope）”，即可调出 WWT 软件中的寻星镜显示器，其用途是帮助用户初步了解天体的名称，分类以及位置信息如星座、赤经、赤纬、地平高度等参数，还附带有图像来源及数据连接。直接点击链接，即可跳转至该图像来源的页面，如图 2-3。



图 2-3 WWT 作为资源环境



在寻星镜显示器的“研究（Research）”选项中，它有更多选项供学习者和研究者使用。在“信息”一栏中，用户可以非常便捷地进入到不同的天文数据库以及维基百科的搜索页面，如①SIMBAD，其全称为 Set of Identifiers, Measurements and Bibliography for Astronomical Data，是法国斯特拉斯堡天文数据中心提供的天文数据证认、测量和记录系统。它包括查询、文档、信息、内容介绍、数据统计、致谢和基本查询七个模块。截止 2016 年 1 月 20 日已经包含了 8042086 个目标，22619189 条记录，313628 个目录索引，12611203 个目标被文章引用。②ADS，全称为 SAO/NASA Astrophysics Data System，史密松森天文台/美国宇航局天体物理数据系统。它是为天文学家和物理学家提供科学的一个大型数据库查询系统。其中包括了 ADS 新的基本搜索，天文学与天体物理学搜索，物理学和地球物理学搜索，arXiv Preprints 搜索以及科学教育搜索。③维基百科（Wikipedia）是一个免费的动态的网络百科全书，任何人都可以对其网页文本进行访问，原则上任何人都可以进行编辑，但为了保证内容的科学性以及版权审查，通常用户编辑后会经管理员审核，然后进行发布。也正因为此，维基百科非常受大众欢迎，认为其科学性较高，是最容易了解陌生词条相关释义、特征、历史、事件等的方式等等。在“信息”工具栏下方的“图像”工具就是供用户快速浏览目标天体的 DSS 图像或者 SDSS 图像，以及获得该图像 DSS FITS 数据的方式。

在教学过程中，教师应该将 WWT 中的天文资源介绍给学生，让学生像天文学家一样自由探索和发挥。但是这些数据库链接及网页都是以英文呈现内容，受语言的限制，我国使用这些资源的对象大多是本科生或研究生及以上。这对于母语是英语的学生来说并不存在太多限制。在实际教学环境中，天文信息的获取也可以从 WWT 软件平台拓展至互联网。教师可以在上课前将所需的其它资源整理好，保存在特定的文件夹下或做成内部网站，让学生访问该文件夹以获得有用信息；也可以为学生提供适当的中文网站如百度、知乎、天之文等网站作为参考，让学生自己到互联网或资源库中搜索素材。对比而言，后者比前者更能培养学生的天文信息素养。只有学生学会在海量天文信息中选择自己需要的数据库、网页、文献等，教师才能引导学生利用各种信息资源进行探索性活动或创作天文漫游。因此，WWT 作为天文资源环境是学生进行探索、交互、创作的基础。

（5）WWT 作为信息加工与知识建构工具

基于 WWT 可以作为资源环境以及演示工具的整合方式，教师可以在天文教学中设计探究或创作的教学活动，目的是培养学生的信息加工能力和思维的流畅表达能力，达到对天文知识的内化。此类教学通常可以采用探究式或任务式的教学策略，适用于中学及以上的学习主体，WWT 则起到了辅助学生加工信息和建构知识的作用。例如，让学生探究星系的分类。学生可以在 WWT 软件中找出不同的星系候选体，然后通过 WWT 软件或互联网获得候选天体的基本参数，接着下载高清图像或数据，整理出一套可行的分类方案，最后可以以漫游的形式陈述星系分类的方法^[29]。



学生创作漫游的过程也是对信息加工与知识建构的过程。当学生选择好自己感兴趣的天文漫游主题时，首先要通过 WWT 或互联网搜集大量的相关信息，为漫游的内容做准备。然后，学生要对已获得的大量信息进行分析、重组、加工和再应用。在这过程中，学生将已知的知识进行同化，将新发现的知识进行顺应，构建出新的天文知识体系。接着，学生需要想办法将内化的知识组织成一个完整的脚本，不仅要凸显漫游主题，还要结构清楚，语言得体，最好是具有创意和趣味性。这个脚本可以是漫游录音的讲稿，也可以是呈现漫游的字幕。最后，学生根据编写好的脚本，利用 WWT 制作漫游的功能添加文本、图片、形状以及声音完成漫游即可。在制作漫游的过程中，最重要的部分就是脚本的编写，它也是学生学习天文知识再将知识输出的过程，有助于学生知识的建构。在该层次的教学中，教师要密切注意学生整个的信息加工处理过程，在其遇到困难的时候给予及时的辅导和帮助。

(6) WWT 作为研发工具

在信息素养的培养中，人们强调对信息的加工、处理以及协作能力的培养，但最重要的还是培养学生的探索能力、自己发现问题和解决问题的能力，以及创造性思维的能力，这才是教育的终极目标。在实现这种目标的教学中，信息技术扮演着“研发工具”的角色，WWT 亦能在天文教育中具有研发功能。2010 年第一届“微软杯”宇宙漫游制作大赛和 2015 年第二届 WWT 宇宙漫游制作大赛¹²都涌现出许多有创意，且播放效果堪比专业天文纪录片的漫游作品。它里面融合了数据的可视化、3D 模型的嵌入等技巧。现如今，WWT 也成为一款面向全社会的免费开源软件，用户能寻找其漏洞编写补丁程序，还能将新发现的系外行星插入软件，亦或是制作炫酷的飞船模型导入其虚拟太空中^[29]。除此之外，WWT 本身就是天文学家进行数据可视化、天文图像对比、建造理论模型的科研平台，教师可以基于 WWT 开发一些适合大学或中学学生的研究型课题。

广州大学的研究生就曾利用 WWT 平台做过脉冲星数据可视化的研究项目，效果如图 2-4 所示。脉冲星是一种半径很小自转极快的天体，其特点是能够发出很强的辐射光束，产生周期性脉冲信号。该研究生从 ATNF 数据库中获取了 2311 颗脉冲星数据，并以脉冲星的周期进行分类。30 毫秒以上为正常脉冲星，其余为毫秒脉冲星，分别以黄色和绿色两种颜色进行标识。从可视化的结果可以看出，脉冲星在天球上的分布主要集中在银盘上，正常脉冲星主要集中在银盘附近，而毫秒脉冲星的分布则要分散得多。将此结果与球状星团中脉冲星的分布进行对比后，发现毫秒脉冲星居多，以此可以解释毫秒脉冲星和正常脉冲星分布的差别^[130]。

¹²两届大赛的官方网址分别为 <http://wwt.china-vo.org/tours2010/> <http://wwt.china-vo.org/tours2015/>

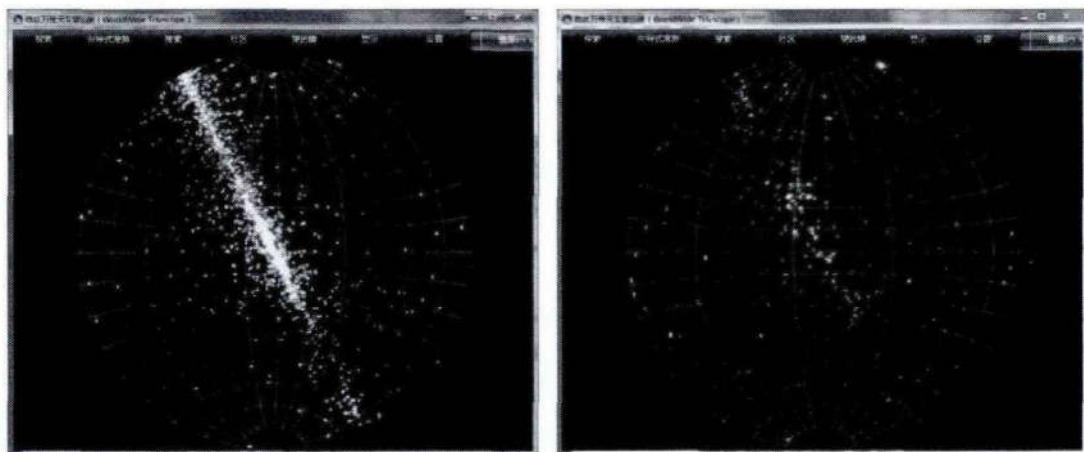


图 2-4 WWT 可视化脉冲星在天空中的分布

从该案例可以看出，学生面对脉冲星的分布问题时，经历了获取数据、整理数据、可视化数据、对比数据、得出结论等过程。WWT 软件在这个过程中提供了关键的“可视化”功能，而且伴随有动手、探索问题的机会。学生在可视化之前可能有自己的假设和推理，但并不知道结果如何，只有在利用 WWT 验证之后获得结论，这样的经历正是一种“研究性”学习。本研究也涉及与此类似的研究性课题，即中国古星图的可视化。当学生经过一番努力将中西星空在 WWT 中同时呈现的时候，他们能获得前所未有的成就感。探究式教学和问题式教学等都是将信息技术作为研发工具的教学模式，在天文教学中也要充分利用 WWT 实施此类教学。如何开发更多的研究性天文教学课题，如何设计更好培养学生创造性思维能力的教学模式仍是教师应该努力奋斗的方向之一。在教学评价中，应正确看待研究过程和研究成果的关系。对于学生而言，产生创新性成果是目标，但它是研究过程顺其自然的结果，教师不该将学生的研究成果看得比研究过程更重要。

2.3.4 基于 WWT 的天文教育案例

(1) 国内案例

自 WWT 软件平台发布以来，我国有多个从理论和实践两方面证明虚拟天文台以及 WWT 平台有助于天文教育与科普的案例。

华中师范大学的乔翠兰博士等人开展了三个层次的天文教学：①基于 WWT 的天文讲授式教学。它面向全校理工科学生，教学方法是利用 WWT 展示教学内容；②基于 WWT 的探究式教学。它面向全校文科学生，教学方法是利用 WWT 实施探究教学；③基于 WWT 的天体物理学研究型教学。它面向物理专业三年级本科生，教学方法是利用 WWT 作为研发工具探索赫罗图等。教学实践表明，基于 WWT 的天文学教学有利于提高课堂教学的效果，有利于培养学生提出问题、分析问题、解决问题和批判性、创造性思维的能力^{[16][17]}。



广州大学的邓璐兵在探究天文软件在中学天文教学中的应用过程中同样做了WWT相关的理论与教学实践研究。她将WWT软件应用于《天体与天体系统》课程的讲授和探究中。首先，教师通过《指尖上的宇宙-恒星》漫游创设情境，然后利用WWT指导学生认识行星、恒星、星云等天体。接着用WWT演示太阳系、银河系、河外星系的天体系统结构。最终让学生合作探究，创作漫游，并要求在课堂上展示。从此教学实践中，研究者得出的结论是“（基于WWT的教学应用案例）增长了学生天文知识的同时，锻炼了学生的合作能力、探究解决问题的能力，培养了学生科学素养，激发了学生探索宇宙的兴趣，实现了学生主动建构体验学习的过程，使得沉闷的课堂‘活’了起来，改变了传统天文教学方式、学习方式，深受学生的喜爱，教学效果明显^[12]”。

华中师范大学的万望辉则在《WWT平台下小学天文课程内容建议》一书的指导下，在北京市史家小学进行基于WWT的天文教学。在教学内容的选择上，主要考虑激发学生对天文的学习兴趣，而不过于追求体系的完整和深入。教学的目的主要在于指导学生利用WWT进行自主学习，在教学模式上主要采用以学生活动为主的形式。基于WWT的天文教学课堂很开发，研究者设置了积分奖励，按照赏罚分明的方式督促学生自主学习。经过八次课的教学实践，研究者对基于WWT的天文教学进行了反思，她认为教学中要重视教师的主导作用，注意发挥传统天文课堂的优势，充分发挥学生的主体作用。研究者还借助WWT的可视化技术实现中国传统星空数据的集成与共享。最后，研究者根据实践结果总结到基于科学数据的科普教育具有互动性、合作性、探究性和情境性，它有助于科普教学和科技创新^[13]。

自2010年起，由华中师范大学、国家天文台、微软研究院为主办单位的WWT教师培训已培训来自全国各地的高校、中学、小学教师达200多人。该培训旨在传递基于真实科学数据的教育理念，教会教师使用WWT软件并制作教学漫游，探讨基于WWT的天文教学方法。培训前会由专家给予相关报告，介绍将海量科学数据应用于教学的初衷，将WWT应用于天文教学实现教育信息化提高教学效果与教育公平性的理论基础及实践案例等内容。

为更好地传播基于科学数据的教育科普理念，推动科技资源的开放共享，促进人们对科学特别是天文的兴趣，提高公众的科技创新和实践能力，倡导“全民科学”运动，以WorldWide Telescope为平台的全国宇宙漫游制作大赛分别于2010年和2015年举办了两届。这两届比赛都涌现出大量优秀作品，不论从天文知识、信息技术还是创新方面，第二届比赛的作品比第一届比赛有了很大的飞跃。

（2）国外案例

在1996年和2011年的美国“科学教育标准”（Science Education Standard）中都涉及有关天文教学的课程要求，2013年新发布的“下一代科学标准”（Next Generation Science Standard，简称NGSS）更是明确指出学生需要在“宇宙中的地球”核心概念中学会分析和解释数据、利用媒体资源、多种形式展示结果。哈佛大学的WorldWide Telescope Ambassadors（简称WWTA）



项目^[132]根据这些“标准”和 STEM 目标设计了适合中学生使用的天文教学模块，并在马萨诸塞州的多所试点中学实施研究，力图将此基于海量科学数据的软件平台应用到天文教育中去，使学习者与教育者都从中受益。其教学实验主要有三方面^[122]：

① 2010 年以克拉克中学 (Johnas Clarke Middle School, Lexington, MA) 作为试点学校，通过实验组和对照组对比学生利用 WWT 漫游学习“月相”的效果。结论是，WWT 对死记硬背的学习未体现出优势。但是在需要理解的知识上有显著性帮助。而且使用 WWT 软件的学生认为他们对天文的兴趣、对科学的兴趣、对使用真实望远镜的兴趣以及对天文知识的掌握等方面都有显著的提高^[18]，如图 2-5。

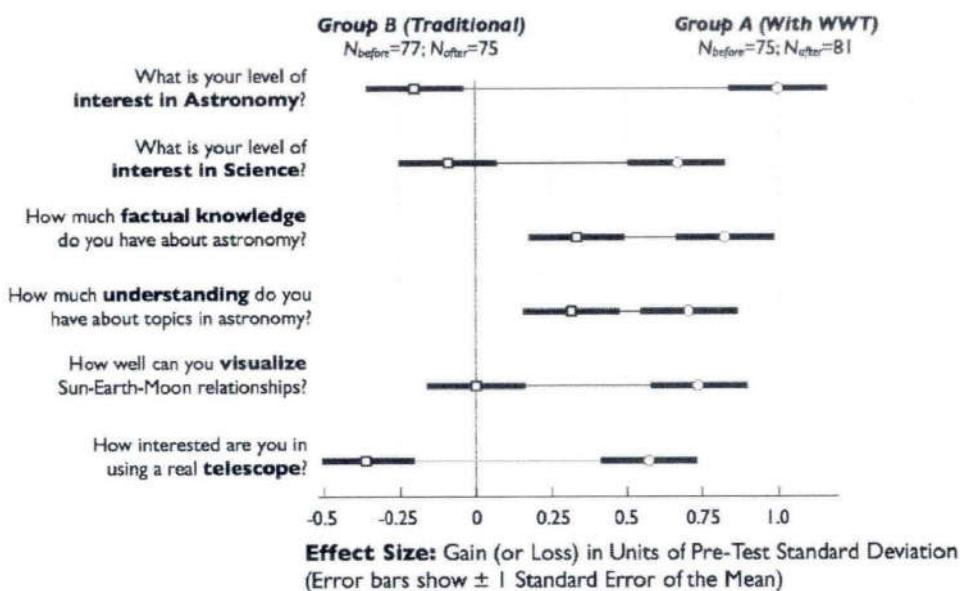


图 2-5 WWTA 在试点学校的实验结果

② 对比使用 WWT 交互式漫游与传统的 2D 虚拟实验学习月相的效果。结论是二者对学生的学习都有很大帮助，但是相比 2D 虚拟实验来说，WWT 的帮助更大，且表现出显著性差异 (t 测试 $p=0.03$)^[133]。

③ 2013 年，对比学生以不同顺序使用 WWT 虚拟模型和泡沫球实物模型学习月相与食的效果。结论是学生若拥有较少的原有知识 (prior knowledge)¹³，先使用实物模型，后使用虚拟模型会出现较好的学习效果。反之，则先使用虚拟模型再使用实物模型效果较好。这一结果与其它学者的研究结果略有不同^[134]。为了做出解释，WWTA 提出的假设是，原有知识少的学生在不熟悉日-地-月系统时无法理解他们在 WWT 三维虚拟模型中所看到的内容。而原有知识多的学生可能参与度更高，使得他们能够先从 3D 可视化的虚拟模型中受益^[133]。经过 2014 年的教学研究发现，使用模型的先后顺序并不会影响学生的学习效果。通过调查学生对使用模型顺序的喜好，分析学生迷思概念的多少以及学习效果之间的关系，研究者发现较少的学生希望先

¹³ 本文将“prior knowledge”译作“原有知识”，它亦可译作“先备知识”“先验知识”“先前知识”等。



使用虚拟模型后使用模型，而这些学生在学习过后迷思概念反而较少。研究者做出的猜想是，这可能是因为可视化技术的仿真性能帮助学生懂得如动手操纵实物模型。该研究结论有待进一步的教学研究去验证^[135]。

除此之外，WWT 在天文研究、教育与科普方面的应用在“WWT 的故事^[136]”中有很好的汇总。例如：

①位于美国芝加哥的阿德勒天文馆每月会开展一次阿德勒之夜（Adler After Dark）活动。该活动在晚上九点以后开始，为参与者提供一次利用 WWT 软件探索星空和创作漫游的机会。活动中，参与者会在天文学家或天文馆工作人员的辅助下学习如何使用 WWT，如何制作漫游短片。在活动的最后，天文馆会评选出优秀的漫游作品在天文馆中播放，进一步与公众交流，探讨天文的奥秘。该活动已经吸引数千人参加，活动效果良好。

②哥伦比亚学院（Columbia College）是位于美国芝加哥的一所以艺术专业闻名的私立大学。该校的 Jim Schweitzer 教授在他的天文学课程上使用 WWT 让学生探索天文数据。在 2014 年的恒星与星系课程中，学生以小组为单位利用 WWT 创作了“Supernova Sighted”“All My Stars are Dead”“Black Hole Suppor Group”“Star Hustler”小说式漫游。在此过程中，学生分别扮演了影视创作中的典型角色，如编剧、音效、艺术总监等。Jim 表示他将继续在教学中使用 WWT，指导学生使用天文数据进行探索，将创作形式拓展至科学纪录片以外。

③巴克内尔大学（Bucknell University）的 Edwin Ladd 教授深知学生主观认为的天体大小、距离、结构等方面与实际宇宙尺度存在较大的偏差，因此他将动手做的活动与 WWT 虚拟星空环境进行整合，以帮助学生对这些问题有更深层次的理解。第一个“hands-on/WWT”实验是探索视差，即利用视差测量邻近恒星的距离，第二个实验是有关“哈勃定律”的探索。

④马萨诸塞州立大学（University of Massachusetts）的副教授 Stella Offner 曾在哈佛-史密松天体物理中心做博士后，那期间加入 WWTA 并开始自己的天文教育与科普之路。Offner 已经创作了大量 WWT 漫游，其中包括宇宙的尺度和太阳的诞生。在她的 Astro 101 课程上，她要求学生利用 WWT 创作自己的漫游作为期末作业。在未来，她还会继续将 WWT 应用于大学天文课程，科学活动和科普。

从以上案例可以看出，WWT 在国外的高校、中学、天文馆、科技节等天文教育与科普中均有广泛的应用，其形式以虚拟实验和漫游创作为主。WWTA 及与 WWTA 有密切合作的教师有实施严格的教学研究，其余的教学也都处于探索阶段，国外同样缺乏基于 WWT 平台的天文教学模式研究。



第三章 天文教学模式的建构

3.1 教学模式的概述

“模式”一词源于“模型（model）”，其本意是尺度、样本、范本、模本和标准。在我国《现代汉语词典》中的释义为“某种事物的标准形式或使人可以照着做的标准样式。”^{[137],894} 模式具有典型性、简洁性、再现性、模仿性和中介性的根本特征^{[138],3-4}。

教学模式（model of teaching）的概念很早就存在，但是它最早正式地出现于 20 世纪 70 年代由美国学者乔伊斯（Bruce Joyce）和韦尔（Marsha Weil）编著的《教学模式》一书，它是指一种可以用来设置课程、设计教学材料、指导课堂或其它场合教学的计划或范型^[139]。华东师范大学叶澜教授给出的定义是：“教学模式俗称大方法。它不仅是一种教学手段，而且是从教学原理、教学内容、教学的目标和任务、教学过程直至教学组织形式的整体、系统的操作样式，这种操作样式是加以理论化的^[140]”。中央教科所朱小蔓教授认为：“教学模式是在一定的教育理念支配下，对在教育实践中逐步形成的、相对稳定的、较系统而具有典型意义的教育体验，加以一定的抽象化、结构化的把握所形成的特殊理论模式^{[141],12}”。北京师范大学何克抗教授总结道：“教学模式属于教学方法、教学策略的范畴，但又不等同于教学方法或教学策略；教学方法或教学策略一般是指教学过程中采用的单一的方法或策略，而教学模式则是指教学过程中两种或两种以上方法或策略的稳定组合与运用^{[82],167}”。

从上述定义可以总结出，教学模式是指基于一定教学理论，为达成特定的教学目标，在教育实践中形成的系列教学活动的框架和程序。在教学活动中，为达到某种预期的教学效果或目标，通常要综合运用多种不同的教学方法或策略，当它们有机地整合在一起，形成在理论指导下抽象的、有结构的、相对稳定的教学过程时，它就是一种教学模式。教学模式为教学理论运用于实践提供指导程序，是教学结构在具体教学过程中展开的教学形式，它同时又直接面向和指导教学实践。教学模式的具体性、概括性、可操作性使其成为教学理论与教学实践之间的桥梁。

一个完整的教学模式通常包括以下五个组成部分^[142]：①理论基础：指教学模式所依据的教与学理论或教育思想。②教学目标：每种教学模式都是针对特定的目标设计的。本研究设定的目标不仅包含具体天文教学任务的目标，还包括以发展学生的能力或是掌握学习方法的目标。③操作程序：指教学活动的逻辑步骤以及每个步骤的具体操作方法，它在实际操作过程中是灵活多变的。④实现条件：指为了发挥教学模式的效果，教师对各种教学条件（如学习者、内容、方法、资源等）进行优化组合，可以视作教学手段与策略的选取。⑤评价方式：因目标、程序、



条件等方面的不同，每种教学模式有不同的评价标准和方法^{[80],62[138].4-5}。

在教育史上，教学模式也是逐步演变发展的。早期的有赫尔巴特的四段教学法，凯洛夫的五步教学法，杜威的活动教学法等。后来乔伊斯和威尔抓住建构知识的方法有多种的核心，将教学模式进行了系统地划分，根据教学模式指向人类自身还是指向人类的学习，具体分为以下四种类型：①信息加工型，例如归纳思维、概念获得、科学探究等；②社会型，例如学习中的合作者、角色扮演等；③个人型，例如非指导性教学、发展自我概念等；④行为主义系统型，例如直接教学、模拟训练等^[143]。结合信息技术的信息化教学中，Jonassen 等人在其《Learning with Technology》一书中从建构主义学习观和用技术学习的角度，将信息化教学模式分为六种：①用技术支持探究性学习；②用技术支持视觉化学习；③用超媒体支持建构现实的学习；④创建以技术为支持的学习共同体；⑤用技术支持反思性学习；⑥用技术支持“做中学”的建构主义学习环境^[144]。祝智庭教授则从模式的教学组织形式及其在教学过程中所表现的特点将信息化教学模式分为八种：个别授导类、合作学习类、情境模拟类、调查研究类、课堂授导类、远程授导类、学习工具类和集成系统类^{[145],151-152}。余胜泉教授则将信息技术与课程整合的教学模式分为两大类：第一类是通用的整合模式，如讲授型模式、个别辅导模式、操练与练习模式等；第二类是与专业相整合的模式，如文史类课程中的识字教学模式、作文教学模式，数理类课程中的概念的归纳-获得教学模式、规律的应用-探究教学模式等^{[80],207-302}。何克抗教授在论著中主要介绍了适用于课堂教学的“传递-接受”教学模式和探究性教学模式，以及适用于课外学习的“研究性学习”模式、WebQuest 模式和 Just-in-Time Teaching 模式^{[82],166-246}。

由此看出，教学模式因其组成部分的多样性导致分类没有统一，每种教学模式都有其优势与劣势。我们不可能用一个模式去完成所有的教学任务。教师需要根据具体的教学目标、教学条件以及学生情况选择合适的教学模式。因此，本研究首先分析天文教学模式中各个要素的内容，然后提出建构模式的方法，最后根据本章节的内容分别建构出三种新型的、基于信息技术的、具体的教学模式。

3.2 天文教学模式的要素分析

本研究中，天文教学模式是在信息技术（WWT）与天文教学整合的过程中，基于一定的教育理论，为达成特定的教学目标，形成的系列天文教学活动的框架和程序。教学模式多种多样，但究其要素基本上包括以下五点：理论基础、教学目标、操作程序、实现条件及评价方式。这五个要素并不是孤立存在的，而是相互关联、相互制约、相互促进地形成一个有效的教学模式，如图 3-1 所示。理论基础包括教与学理论和教育思想，它是形成教学模式的基础，体现整个教学模式的思想内核，在操作程序和评价方式都会有所体现。教学目标是为教学模式的内容提供导向，体现教学模式的价值。每种教学模式都有其具体的操作程序，其功能如同“操作说明书”



一般，教师能够参考这些程序复制、模仿、创新具体的教学过程。实现条件是教学模式中的“注意事项”，有利于教师明确每种模式适合应用于怎样的学习群体，运用怎样的教学手段及教学资源等，避免教学模式的滥用。评价环节不仅是考察教学目标的完成情况，同时也是检验教学模式有效性的步骤，它在教学模式中起到总结与升华的作用。

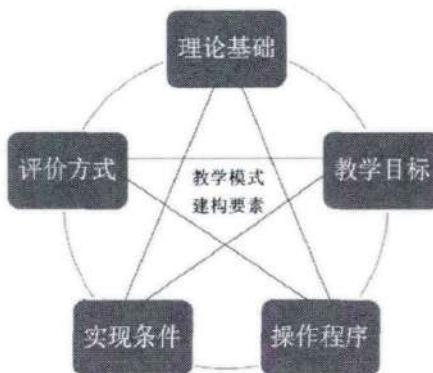


图 3-1 建构教学模式的要素

3.2.1 理论基础

自教育产生开始，人们一直在探寻教和学的有效机制，在此过程中产生了系列教育思想、教学理念、学习理论等等。例如杜威的实用主义教育理论，斯金纳的程序教学理论，加涅的信息加工理论，布鲁纳的认知结构学习理论，皮亚杰的建构主义学习理论等等。因为教育是一个复杂的过程，并不是所有内容都遵从同一种方法去教和学。例如，让学生获得“月相”这个概念只需要通过“讲授”的方式“告诉”学生“人们从地球上看到月亮的不同形状称为月相”即可，但是为了让学生明白“月相产生的原因”，单纯的语言讲授难以让学生理解“月相是由被太阳照相的月球那一面朝向地球的比例决定的”，此时就需要实物模型或虚拟模型供学生探索才能有效地完成教学目标。为了避免学生经过一段时间后将此学习内容遗忘，教师则需要采取练习的教学手段巩固此教学内容。由此看出，不同的教学目的采用了不同的教学方法，而这些方法的选取都有一定的理论基础。在天文教学模式的建构过程中，理论基础是整个天文教学的思想内核，它对教学模式的其它要素都有高度的指导作用。

以信息技术与天文教学整合为出发点时，本文在 2.2.3 节和 2.2.4 节详细阐述了建构主义理论、多媒体学习认知理论、多元智能理论、基于科学数据的天文教育思想。建构主义理论为天文教学中探索、探究、交互环节提供理论指导；多媒体认知理论为天文教学中展示星空、辅助讲授提供理论基础；多元智能理论为天文教学中以调动学生多元智能，鼓励学生创作创新，通过多元方式评价教学效果提供理论指导；基于科学数据的天文教育思想，本研究选用了 WWT 软件平台作为信息技术工具，利用其科学的、直观的、交互式和沉浸式的科学数据环境，实现



了三种具体天文教学模式的实践。

除此以外，学习理论是现代教育的核心内容，天文教学也必须根据科学的学习理论设置合理的教学目标，选择正确的教学方法、策略以及评价方式，最终建构有效的天文教学模式以实施有效的天文教学。按照各种学习理论共同的内在特质可分为行为主义、认知主义、人本主义、建构主义、后现代主义等流派。本小节根据后文建构的混合讲-探-创的天文教学模式（本研究第四章），基于项目的天文探究教学模式（本研究第五章）以及基于交互式漫游的天文辅导教学模式（本研究第六章）所涉及的理论基础着重补充行为主义以及认知主义理论，这些理论对三种天文教学模式的具体指导意义以及其它教育思想、指导理论将结合各教学模式的具体教学目标、方法、策略等在第四至六章的“理论基础”小节详细介绍。

（1）行为主义

行为主义学习理论产生于美国的 20 世纪 20 年代，主要代表人物有华生（John Broadus Watson）、桑代克（Edward Lee Thorndike）、斯金纳（Burrhus Frederic Skinner）等。行为主义学习理论是以研究行为为基础，虽然这一流派有着不同的研究框架和对学习的解释，但是它们有一个重要的共同特征，即认为学习是刺激-反应之间的联结。把外在的环境看作是刺激，把伴随而来的有机体行为看作是反应。因而这些学说关注的是环境在个体学习中的重要性。学习者学到什么不是由学习者个体决定的，而是取决于环境。行为主义学习理论强调客观环境因素对学习者的影响，认为有什么样的刺激，就会有什么样的反应；学习过程是一种渐进的过程，认识事物要由部分到整体；强化是学习成功的关键，学习应重知识、重技能、重外部行为的研究^{[146].17}。

斯金纳创立了操作性条件作用学说和强化理论，在此基础上提出了程序教学的概念，总结了小步子教学原则、强化学习原则和及时反馈原则等一系列教学原则，最终形成了程序教学理论，其基本教学过程为：提出问题（刺激），学生回答（反应），判断正误（强化）。若回答正确，则给予奖励或获得肯定后进入下一题（阳性强化）。若回答错误则立即给予惩罚或提供问题的解释（阴性强化）。程序教学的优点是有利于培养学生自学能力和自律精神；可以适应学生的个别化差异、激发学习的积极主动性以及精确地掌握学习内容等；可以根据特定的程序来进行学习和完成作业；它能与其它教学方式紧密的联系起来^{[147].104}。该理论对基于交互式漫游的天文辅导教学模式有重要指导意义。

（2）认知主义

认知主义认为人事具有规则构形能力的存在，认为个体的认知结构对于学习活动来说有着至关重要的作用。认知主义所研究的学习属于狭义的学习，即个体对事物经认识、辨别、理解，从而获得知识的历程。在这一历程中，个体学到的是思维方式亦即认知结构。个体通过学习增加经验，改变认知结构，所以这种学习是内发的、主动的、是整体性的质变过程^{[147].106}。认知主义在本研究中所涉及的学习理论有布鲁纳的发现学习、奥苏贝尔的有意义学习，以及本研究



2.2.2 节已阐述的多媒体学习认知理论。

①布鲁纳的发现学习理论

布鲁纳（J. S. Bruner）的发现学习，即让学生尽量处于轻松自由的环境中，自行发现事物之间存在的关系。布鲁纳认为，学习是认知结构的组织与重新组织，发现学习是让学习者自己将所学材料组织成最后的形式。学生要学习的不是事实材料与孤立内容的记忆，而是原理原则、培养独立探究与解决问题的能力，主张让学生自己去发现“意义”，成为问题解决者^{[147],106}。学生要利用教师、教材、互联网、社会环境等资源亲自去发现事物的内在结构与规律，成为一个“发现者”。学生的发现与科学家的发现都属于用自己的头脑亲自获得知识的行为，它们的差别不在于性质，而只在于程度。因此教师要鼓励学生进行探究，学会学习的方法，而不是将学生变成记忆知识的工具。该理论对本研究混合讲-探-创的天文教学模式和基于项目的天文探究教学模式有重要指导意义。

②奥苏贝尔的有意义学习理论

奥苏贝尔（D. P. Ausubel）是美国当代著名的认知教育心理学家。他长期从事理论探索和实验研究，于1963年在《有意义言语学习的心理学》中提出了著名的有意义学习理论。他很重视认知结构，即学习者头脑中能清晰呈现特定主题领域的知识的组织。也强调有意义的接受学习，强调对学校情境中的学生学习进行研究^{[80],57}。他的观点可以看作是以讲授为主的天文教学中发挥教师主导作用的理论基础，具体指导意义详见混合讲-探-创的天文教学模式和基于交互式漫游的天文辅导教学模式。

有意义学习的实质是符号所代表的新知识与学习者认知结构中已有的适当观念建立实质性的（substantive）、非任意（nonarbitrary）的联系，这既是有意义学习的定义，也是划分机械学习与有意义学习的标准。实质性联系是指新符号或符号代表的新观念与学习者认知结构中已有的表象、已有意义的符号、概念或命题的联系。例如中学生学习“地球的自转”，他的认知结构中必须先有“地轴”“旋转”“方向”等概念。非任意性联系是指新知识与认知结构中的有关观念具有某种人们可以理解的合乎逻辑的联系。例如地球的自转与地球的昼夜之间存在因果关系，并非毫无关系。

有意义的学习主要受学习材料的逻辑意义，有意义学习的心向，以及学习者认知结构中能与新知识产生联系的原有知识的制约。奥苏贝尔利用皮亚杰的“同化”概念来解释意义获得和保持的机制。他认为学习者能否习得新知识，主要取决于他们认知结构中已有的有关观念，这种相互作用的结果导致了新旧知识的意义的同化。根据认知结构的层次性，奥苏贝尔将同化模式分为三种：下位学习、上位学习以及组合学习。基于有意义学习和认知同化的观点，组织学习的基本原则和策略可分为逐渐分化原则、整合协调原则和先行组织者策略。

与布鲁纳的发现学习观点相反，奥苏贝尔认为学习者的学习主要是接受学习，学习应该是通过接受而发生，而不是通过发现。在接受学习中，学习的主要内容是以定论的形式传授给学



生的，即“讲授式教学”。学生不需要通过活动去发现，只需要将教学内容加以内化，以便将来能重现或应用。在发现学习中，学习的主要内容不是现成地传递给学生，而是在学生内化之前，必须经由它们自己去发现这些内容。由此看出，发现学习只是比接受学习多了“发现”这一环节。

接受学习未必就是机械的，它可以而且应该是有意义的学习。发现学习未必就是有意义的，它可能是机械的。教师给学生提供的材料应该是经过仔细考虑的、有组织的、有序的、完整形式的。学生接受这些最有用的材料的过程可以看作“讲解教学”。在当前教学改革的浪潮中，大多数教师和学者都表现出对讲授的讨伐与对探究的颂扬。而事实上从奥苏贝尔的学习理论来看，讲授法是课堂教学最有效地组织形式，也是当今社会和教育进程的历史选择。虽然讲授法有其显而易见的局限性，但是只要在讲授教学中提供各种具体的经验可以尽量弥补这些不足。因此，人们应该以科学的态度对待讲授法，认识它的合理性，承认它的合法性，坚持它在诸多教学方法中的主导地位^[148]。

3.2.2 教学目标

天文学是一门研究天体和宇宙的科学，具体探索天体和天体系统的分布、活动、结构和演化等性质和规律。它还是一门易于培养学生思维方法和研究方法的学科，有助于学生形成科学的世界观。在过去的天文教学中，教师将目标定位在学习天文基础知识，如宇宙结构、天体演化阶段等。学生的能力停留在记忆、理解事实性知识。在面对 21 世纪天文信息学和国际化合作研究时，教育不仅要将知识传递给学生，还要重视他们解决问题、团队合作、批判思维、信息素养、创造创新等方面能力的培养。在信息技术与天文课程整合的教学中，我们期望技术不是简单的当作演示工具应用至教学，而是强调利用技术营造一种信息化的教学环境，在教学过程中有助于创设情境、获取信息、共享资源、探究、协作等，让技术实现支持教师教学方式和学生学习方式的作用，突破天文教育中的困难，发挥技术的优势。

在建构基于 WWT 平台的天文教学模式过程中，可以将其总目标设定为利用 WWT 平台实现既能发挥教师主导作用又能让学生自主、探究、创新的教与学方式。具体目标可分为以下几点：

(1) 增强学生对天文学的兴趣，激发学习天文的动机，提高对天文的关注度。在日常生活中，人们获得有天文知识的直接经验非常少。在我国倒挂的天文教育结构中，基础教育几乎不涉及天文教学，大学天文专业教育门槛又比较高。在国家对天文研究型人才的需求以及提高公民天文素养的目标下，不论是传统教育还是信息化教育，增强学生对天文学的兴趣，激发学习天文的动机，提高对天文的关注度是天文学科发展的基础力量。但是，基于信息技术的天文课堂能拉近宇宙与学习者之间的距离，能够为学习者提供交互探索、获取信息的机会。突破传统



天文教育不直观无交互的困难后，新型天文教学模式会更容易实现该目标。

(2) 上升具体天文课程的三维目标，并利用信息技术提高教学效果。具体的天文课程目标可以根据教学内容从知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观三个维度进行设定。知识与技能强调宇宙规律与地面规律的一致性和极端性，强调利用信息技术实施天文探究的方法如模型的建构、不同波段图像的对比，天文数据的可视化等。过程与方法强调学生的主体性和教师的主导性，既让学生有“自主、探究、创新”的经历，又能让教师在不同的教学模式中充分演绎自己的角色。情感态度与价值观强调学生世界观的培养，利用数字星空展示地球以外的世界，通过广袤的宇宙让学生对世界有更宏观的认识，对人生、价值等方面有新的思考角度。以往的天文教学只重视知识的传递，现在的天文教学可以利用信息技术实现真正的三维目标，提高教学效果。

(3) 提高学生的天文信息素养（特别是数据素养）。天文信息素养是指运用各种信息工具特别是多媒体技术和网络技术工具获取天文知识与技能的能力，它有助于学习者实现自主学习和终身学习。数据作为信息的一种具体形式对天文教育与研究有重要作用（见本研究 2.2.3）。在数据密集型科研时代，学生需要学会数据的采集、组织和管理、分析和挖掘、解释与决策等，以适应未来天文研究的能力需求。而这些能力能拓展至其它学科，甚至是日常生活。

(4) 为学生创造探索、研究的机会，从而提高学习能力、实践能力、解决问题的能力等。在布鲁纳的发现学习、皮亚杰的建构主义学习等理论的指导下，现代教学提倡的学习方法逐渐由接受型转向探究型。传统的天文教学不直观、少有交互，容易导致教师一味给学生灌输知识，并没有注意到学生的接受能力，忽视了学生学习方法、实践能力、解决问题能力、批判性思维的培养。在信息技术的支持下，天文教学能够提供更多探索、研究的机会，以实现知识的建构及其它能力的培养。天文是一门神秘而有魅力的学科，学生探索天文的兴趣很可能比探索其它常见的科学更加浓厚。利用此出发点，天文教师更能激发学生的探究欲望，从而让学生获得探究能力。这些能力可以融会贯通至其它学习和生活中去。

(5) 为学生提供创作、创新的机会，培养学生的创新思维和表达能力。创新是推动国家强盛、社会进步和经济发展的强大动力，是当前教育培养高级人才的目标之一。以往的天文学中的创新主要体现在科学研讨上，在天文教育中极少出现创新性成果。在信息技术的支持下，创新的形式也变得多样，不仅有研究上的创新，还有作品上的创新。这种方式的拓展为天文教育中的创新提供了机会。天文教学过程可以不再以考卷和课程论文评价学生的学习成果，而是以创新性作品或研究成果对学生提出更高的要求。

(6) 为学生创造合作学习机会，发挥个人潜能，培养协作精神。协作能力是多元能力的综合体，主要包括交流/沟通能力、组织管理/协调能力、民主意识、理解能力（尊重差异和多元）、人际关系能力、跨文化交流的能力、集体智慧的生成能力等^{[138]47}。现代社会中，复杂的工作都是由多人形成团队合作完成。在团队中，每个人发挥自己的优势，弥补他人的劣势，通过面对



面交流或网络沟通共同完成工作目标。在天文研究日趋国际化、经济全球化、技术国际标准化的发展趋势下，天文教育必须注重协作能力的培养，通过整合信息技术的天文探究性学习创造协作的机会。

(7) 为学生提供自主学习的机会，掌握学习方法。自主学习是指学生在自由的学习环境中主动利用信息技术、教学资源完成学习目标的学习方式。这种方式属于投入型学习方式，学生要对自己的学习负责。在此过程中，学生要有明确的学习目标，会寻找有用的学习资源，会使用合适的信息技术工具，能判断学习的结果。这些学习方法为终身学习做了很好的铺垫。

3.2.3 操作程序

操作程序指教学活动的逻辑步骤以及每个步骤的具体操作方法。它将教学过程划分为几个阶段，在不同的阶段设置不同的活动，每个活动都有具体的任务。例如，先行组织者是奥苏贝尔的有意义学习理论中非常重要的一种教学策略，它由呈现先行组织者、呈现学习任务或学习资料、组织概念三个阶段组成；萨奇曼的探究模式的基本程序包括遭遇疑难情境、假设和收集资料、得出结论、分析这四个阶段^[149]。天文探究式教学的程序包括提出问题、做出假设、利用工具分析、交流结果^[127]。教学模式的操作程序可以是教学设计的结果，也可以是从具体教学实践中抽象出来的步骤，本研究中二者兼有。下面以基于项目的探究式教学操作程序为例，详细介绍操作程序中每个阶段的意义、关联与内容。

基于项目的学习（Project-based Learning, PBL）又称项目学习，它是以学科的概念和原理为中心，以制作作品并将作品推销给客户为目的，在真实世界中借助多种资源开展探究活动，并在一定时间内解决一系列相互关联着的问题的一种新型的探究性学习模式^[150]。其操作程序分为六个阶段：

(1) 选定项目

在基于项目的学习中，项目的选择如同探究式学习中的提出问题一样重要。它应该由学生根据自己的兴趣来选择，教师在此过程中仅仅只能作为指导者的角色，也就是说教师不能把某个项目强加给学生。还有一种方式，也是现在大学中常用的方式，就是由教师提出多个课题项目供学生自己选择，这种方式同样遵从学生自己的意愿。项目的选定首先要考虑项目是否有研究意义，其次考虑学生是否有能力完成该项目，中间涉及课题的可行性、理论的学习、实验操作、结题成果和学生所能投入的时间精力等，最后考虑该项目是否丰富，能让学生积极主动探索一段时间，并在这段时间内获得多方面能力的培养。在基于项目的学习中，教师应充分把握项目与学生的配对，根据实际情况对项目进行适当的调整。

(2) 制定计划

计划的内容是根据项目的意义、项目预期的产出制定的实施方案，且有时间限制。学生不



不仅要设计项目研究的过程，还有有明确的时间规划，例如预计花多长时间完成理论的学习，需要在什么时间进行实验和收集结果，在某个时间段达到什么样的成果等等。通常一个项目由几个人共同完成，在具体实施研究的过程中还涉及分工合作，因此具体的计划还要落实到每个人的时间与工作安排。计划为整个基于项目的学习提供管理与执行的参考，在具体实施过程中也会根据实际情况进行调整。

（3）活动探究

这一阶段是基于项目的学习的主体，学生获得的大部分知识、技能、素养都是在此过程中完成。对于实践型的项目，学习小组通常直接深入实地进行调查或实验，例如野外旅行、社区调查、实验操作等。对于理论型的项目，学习小组通常先进行理论学习，在进行计算、模拟、对比等方式进行研究。在信息技术的辅助下，许多偏向理论型的项目也能进行动手操作，一方面让理论研究变得丰富有趣，一改沉闷的印象，另一方面让学生获得提高信息素养特别是数据素养的机会。在探究的过程中，学生需要对收集到的信息进行处理和加工，并借助一定的研究方法和技术工具来收集信息，最终得出证明或推翻假设的结论。在活动探究过程中，学生可以对活动内容以及自身对活动的看法或感想进行必要的记录。

（4）作品制作

作品制作是基于项目的学习区别于其它探究教学的重要特征，它能展示学生在基于项目的学习中所获得的知识和所掌握的技能，以及个人创意。作品的形式是多种多样的，例如研究报告、实物模型、软件程序、图片、录音、录像、幻灯片、网页和戏剧表演等，还可以是基于特殊平台的展示作品如基于 WWT 的宇宙漫游。

（5）成果交流

作品制作出来之后，各学习小组以及小组成员之间要相互交流学习经验和体会，分享作品制作的成功与喜悦。指导教师和组外人员可以对探究过程、结论以及作品提出看法，表扬该项目值得学习的地方，同时也可给项目组提出改进的建议。举办这样的成果交流形式也是多种多样的，如报告会、辩论会、展览会、小型比赛等。

（6）活动评价

基于项目的学习是一种过程性学习，且涉及多元智能的调动。因此，其评价不能仅仅参考探究项目的结果，还应从专家、学者、老师、同伴以及学习者自己多角度的对过程的评价，真正做到定量评价和定性评价、形成性评价和终结性评价、对个人的评价和对小组的评价、自我评价和他人评价之间的良好结合。评价的内容可以包括课题的选择，学生在 PBL 中的表现，学生对项目的计划、时间安排、执行力和成果展示等方面。对结果的评价强调学生的知识和技能的掌握程度，对过程的评价强调对探究方法、科研态度、项目管理、团队精神等的评价。



3.2.4 实现条件

教学模式因理论基础、教学目标、操作流程、评价方式等各有不同，使其在应用的过程中有局限性。这种局限性并不阻碍教学模式的广泛应用，反而是为了发挥教学模式最佳效果的有力保障。这些实现条件包括学习者的认知程度、原有知识准备，教师的教学策略选择，师生对教学媒体的掌握程度等方面。分析教学模式的实现条件实际上就是以理论基础和教学目标为指导，分析教学系统的各部分在操作流程中所需达到的要求。众所周知，现代教学系统是由教师、学生、教学内容和教学媒体这四部分组成，它们不是简单的、孤立的拼凑在一起，而是彼此相互联系、相互作用形成的一个有机整体。余胜泉等人在论述教学结构的过程中，将教学系统的相互作用分成了三种：以教师为中心、以学生为中心、学教并重（主导-主体）的教学结构。如图 3-2 所示：

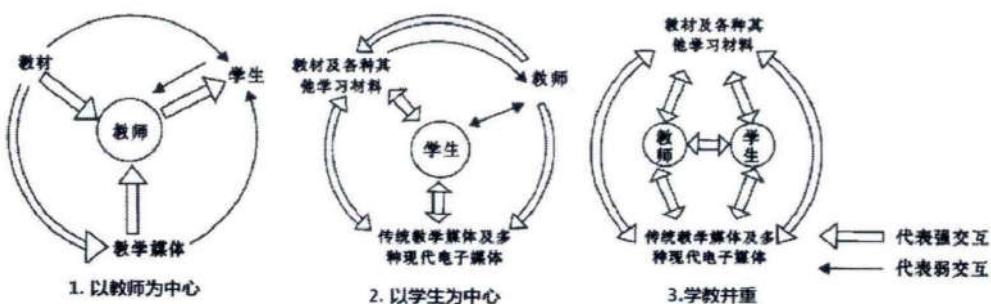


图 3-2 教师、学生、内容、媒体的相互作用

①当以教师为中心时，教师是知识的传授者，是教学的绝对主导者，监控整个教学活动的进程。学生是知识传授的对象，是外部刺激的被动接受者。教学媒体是辅助教师教的演示工具。教学内容基本由教材决定，教材是学生的唯一学习内容，是学生知识的主要来源。②当以学为中心时，学生是信息加工的主体，是知识意义的主动建构者。教师是课堂教学的组织者、指导者，是学生建构意义的帮助者、促进者；教学媒体是促进学生自主学习的认知工具；教材不是学生的主要学习内容，通过自主学习，学生主要从其他途径（例如图书馆、资料室及网络）获取大量知识。③当学教并重时，教师要对学生及其学习过程中的教学内容及教学媒体进行总体的指导和把握，教师要根据学生的特点为其选择、设计特定的教学内容、教学媒体和交流方式，教师是教学过程的组织者、学生意义建构的促进者、学生良好情操的培育者；学生拥有大量的经过教师选择、设计并控制的学习资源，是学习活动的主体，是信息加工与情感体验的主体，是知识意义的主动建构者；教学媒体既可以是辅助教师教的演示工具，也可以是促进学生自主学习的认知工具与情感激励工具。教材不是惟一的教学内容，通过教师指导、自主学习与协作交流，学生可以从多种学习对象（包括本门课程的教师、同学以及社会上的有关专家）和多种



教学资源（例如图书资料及网上资源）获取多方面的知识^[151]。

在天文教学中，第一种结构的教学非常普遍，通常以讲授的形式体现出来，如同本研究中混合讲-探-创天文教学模式的第一阶段。第二种结构更有利于学生自己建构知识，学会学习方法，如同本研究中混合讲-探-创天文教学模式的第二阶段和基于交互式漫游设计的天文辅导教学模式。第三种结构是第一、二种教学结构的综合，教学系统中的各元素之间都是强相互作用，这种条件是在基于项目的天文探究教学模式中所必须的。在建构天文教学模式的过程中，建构者可以参考教学系统相互作用的模式，对教师、学生、教学内容和教学媒体这四者的前提条件及相互关系加以分析，从而获得具体教学模式的实现条件。教学媒体的应用策略可重点参考信息技术（WWT）与天文教学整合的具体方法（见本研究 2.3.3）。

下面以基于项目的天文探究教学模式（见本研究第五章）为例简要介绍教学内容、教师、学生及教学媒体在各个阶段所要具备的条件（可参考表 5-2）。总体而言，教学内容要形成一个项目，此项目具有探究意义，在一段时间能供学生完成，能促进学生探究能力、解决问题的能力、表达能力、团队合作能力、创新能力等多元智能的发展。教师要掌控整个项目研究的方向、进度，为学生提供必要的指导，及时解决学生在参与项目过程中遇到的问题。学生要能积极主动的参与到项目中，明确完成项目的目标，充分利用信息技术实施活动探究和作品制作，在遇到困难时及时寻求同伴或教师的帮助。教学媒体主要以多媒体设备，天文软件，办公软件以及交流工具为主，能够帮助学生完成项目的探究和作品的制作即可。

在教学内容、教师、学生及教学媒体的教学系统中，笔者较为强调学生的分析。因为教师自己对教学内容、教学媒体的掌控度较高，他们可能认为制订了正确的合适的教法，学生就能够学会，但是教师往往忽视了学生生活及内心世界的丰富性以及学生与知识、教法的互动^[152]。学习者能否学到新的天文知识主要取决于他们的认知结构中有没有能用来同化这些知识的原有基础素材。因此，为达到信息技术与天文课程整合的理想效果，教育者必须了解学生学习前的原有知识，从而制定教学方案，这就体现了“以学定教”的理念。除了了解学习者的原有知识，教育者若还能提前了解学习者的学习方法、心理状态、理解能力、兴趣爱好等综合学情，便能更有针对性地帮助学生学习。教育者可以通过教学经验、课程标准、青少年发展心理学、调查研究等方式对学习者的学情进行了解，然而学习者人数众多、个体差异大等因素会给学情分析带来一定的困难。

3.2.5 评价方式

教育评价是指在系统地、科学地、全面地搜集、整理、处理和分析教育信息的基础上，对教育的价值做出判断的过程，目的在于促进教育改革，提高教育质量^[153]。目前，国内大学教学评价方式过于单一，基本上以试卷或论文的形式进行考核，以简单的分数衡量学生的学习效果，



具有浓厚的甄别和选拔性。评价的主体是教师，忽视参与者的自评与互评。评价内容偏重终结性评价和学习结果，忽视形成性评价和学习过程。这样的评价方式不利于促进学习者的个性发展和全面发展，不易检验出学生的学习能力、实践能力、创新能力等。这样的情况在中学也普遍存在。更甚的是，许多中学以天文社团或兴趣班的形式开展天文教学，由于不受高考指挥棒的约束，教师在教学后期并不实施评价，仅凭个人经验进行教学变革，从根本上背离了教学评价的宗旨。新的评价方法应该具有重视评价胜于考试、简单/自然/定期的评估、可靠的效度、公平（多种智能）的评估手段、使用多种测试方法、考虑个体差异/发展阶段和知识表现形式、实施评估的目的是帮助学生这七个方面的基本特征^{[147].128-129}。

现代天文教学不仅重视基础知识的传递，同时注重学生多元智能的开发，为促进学生学习能力、实践能力、创新能力等设计多种教学活动。因此，天文教学模式的评价环节应该匹配教学模式的目标、过程，通过多渠道、多方式在多种情境下进行，切实考查学生的学习情况。具体目标为：①注重学习过程的评价。例如学生在 WWT 软件平台上进行探索时，看他们在探究过程中表现如何，而不是简单的设置考卷评判学生最终考得多少分。②注重评价主体的多元化。例如教师可以对学生进行评价，学生之间可以相互评价，学生也可以进行自我评价。③注重评价方式的多样化。例如教师可以在期末设置考卷或者要求撰写小论文，还能对学生完成项目的作品进行评价，除此之外还有问卷、访谈、观察等方式。④注重多元智能的评价。例如在评价项目作品中不仅要看到学生对天文知识的掌握，还要从中看到学生的创意、信息技术应用、音乐美术审美等。

在基于 WWT 的天文教学模式的评价方式中，漫游作品的评价一种典型的新型评价方式。漫游作品属于创作成果，考核学生搜集信息、整理信息、编排信息、信息技术应用、音乐图像素材审视、动手实践、创作创新等多方面能力。在内容上学生可以任意表现地球、月球、行星、星云、黑洞、天象的天文主题，学生能就天文相关的概念、公式、现象、研究、人文、历史等方面进行详细解读。在教学过程中，教师要观察学生的学习进度，帮助学生解决在制作漫游过程中的困难。在漫游评定时可参考表 3-1 对学生的作品进行五级量化评分。为了对漫游作品进行深度的考察，笔者在评价漫游时还对漫游的主题进行分类，同时记录漫游的时长及创意等信息，以便后期调用漫游。在混合讲-探-创的天文教学模式中，教师还通过问卷形式调查学生对自己制作漫游作品所花的时间，对漫游的满意程度，对这种期末考核方式的态度。在基于项目的天文探究教学模式中，教师组织小组讨论时，让学生相互评论各组漫游的优缺点。基于漫游作品的这种评价方式驱动学生注重动手制作与创新，体现了不以考试为唯一方式，不以知识为唯一目的的多元化评价方式和评价内容。



表 3-1 漫游评价量表

评分等级	描述
A等 (90-100分)	漫游作品具有鲜明的天文主题；使用丰富的文字、图片、形状或录音表达幻灯片中的天文知识，内容科学无误，且有自己的认识；录音或音乐与幻灯片匹配；合理使用动画效果；幻灯片之间衔接流畅；内容风趣幽默有创意者，酌情加分。
B等 (80-89分)	漫游作品具有天文主题；使用较多的文字、图片、形状表达幻灯片中的天文知识，存在个别科学错误；音乐与幻灯片匹配；合理使用动画效果；少量幻灯片之间衔接不流畅；内容风趣幽默有创意者，酌情加分。
C等 (70-79分)	漫游作品具有天文主题；使用较少文字、图片、形状表达幻灯片中的天文知识，或者丰富的文字明显源于网络者；存在少量科学错误；音乐与幻灯片不匹配；少量幻灯片出现混乱画面；内容风趣幽默有创意者，酌情加分。
D等 (60-69分)	漫游作品限于占星而非天文主题；使用极少量文字、图片、形状表达幻灯片中的内容；无音乐；幻灯片经常出现混乱画面；内容风趣幽默有创意者，酌情加分。
E 等 (0分)	抄袭或未交

3.3 建构教学模式的方法

3.3.1 理论-演绎法

理论-演绎法是指从教学理论与教学思想出发，结合具体教学目标设计相应的教学模式，再将其付诸实践，通过教学评价检验教学效果及教学模式的优劣，对教学模式进行改进与完善，重复实践与评价，最终形成相对稳定教学模式的方法。其建模过程可简化为分析教学理论与教学目标、提炼核心要素、设计模式框架、实施教学模式、评价教学效果、总结实现条件、优化教学模式这七步。当优化教学模式后可以从实施教学模式开始再进行一次检验循环，直至得到理想的教学模式，如图 3-3 所示。此类教学模式是从理论到实践的过程，最初设计的模式是非常理想的状态，只有经过反复的实践、评价、改进后，才能将最初的理论落实到实践中去。该建构方法适用性最广，没有约束条件，是建构教学模式最基本的方法。本研究中混合讲-探-创的天文教学模式（详见第四章）便是通过这样的方式建构而成，下面以此为例具体分析建模步骤：



图 3-3 理论-演绎法建构教学模式流程

(1) 分析教学理论与教学目标

在理论-演绎法中，虽然教学理论占据先导地位，但是笔者认为不结合具体教学目标地选择理论是盲目的。因此在建构教学模式的时候，建构者必须清楚建构教学模式的目的与理论基础。在建构混合讲-探-创的天文教学模式之前，笔者所在大学的天文选修课一直以讲授为主，户外观测为辅。教师在讲台上以 PPT 的形式播放教学内容，整合诸多图片、动画、视频等多媒体素材，大部分学生都对课程非常感兴趣，但是少有同学做笔记或者提问。时常一整节课下来教师



与学生毫无交流，教师不清楚他讲的内容是否学生都能理解，学生形成了出此课程“听听足矣”的定位。最终考评形式以试卷和小论文为主，试卷题目不多，且是开卷作业，免不了有学生直接通过互联网搜索答案。小论文亦是如此，有的看似篇幅很大且具有思想性，但是总会让教师看出抄袭的痕迹。因此，笔者为改进《苍穹的奥秘》选修课，选择利用 WWT 软件平台实施新的教学，并以此总结出一种天文教学模式。在分析建构主义理论、奥苏贝尔的有意义学习、多媒体学习认知理论和多元智能理论的基础上，笔者期望新的天文教学模式能保留讲授式教学的优势，并且让讲解的内容更有效地传递给学生。另一方面，为学生提供探索学习的机会，从而有利于构建天文知识体系。最后改变评价方式，通过制作漫游作品的形式考察学生的综合能力。

（2）提炼核心要素

在建构天文教学模式的第一步中，建构者已经对教学理论及教学目标进行了分析，接下来要从教学理论与思想中提炼出核心要素。教学理论如本研究的第三章第二节的“理论基础”部分，它都会包含该理论的心理学或教育学渊源，理论的基本内涵，核心概念的释义以及应用案例等。这说明一种理论的形成依赖于它坚实而广泛的论述，但是在教学模式的建构中，建构者要学会化繁为简，提取理论的精华之处，以便为设计模式的框架打下基础。

例如在奥苏贝尔的有意义学习理论中，笔者提炼的要素为“有意义学习”和“先行组织者”。有意义学习是指符号所代表的新知识与学习者认知结构中已有的适当观念建立实质性的、非人为的联系。先行组织者是指为了联结新旧知识所呈现的一种学习材料，它通常设置在新的教学内容之前，为了帮助学生有效地同化新知识。在上《我们的太阳系》课程中，教师会以第一届 WWT 大赛中获得一等奖的作品“鲁豫有约之宇宙漫游-太阳系”¹⁴作为先行组织者，目的是唤醒学生在中学学习的太阳系基本知识，如太阳系中有哪些行星，其排列顺序如何，各行星有哪些基本特征等。为学生讲解太阳系行星的复杂运动、磁场、卫星等知识做铺垫。

在发现学习理论、多媒体学习认知理论和多元智能理论中提炼出“发现”“言语信息与非言语信息的同时加工”“多元智能发展”的核心要素为混合讲-探-创的天文教学模式提供了基本的操作框架。

（3）设计模式框架

根据教学模式的五要素法则，设计新的教学模式需要包含理论基础、教学目标、操作程序、实现条件及评价方式。此处已经对理论基础和教学目标做了分析，教师只需要根据前面提炼的要素设计操作程序及评价方式，实现条件有待实践后作进一步总结。根据前文提炼的“有意义学习”“先行组织者”“言语信息与非言语信息的同时加工”“多元智能发展”要素，本研究为大学天文选修课所设计的教学模式操作程序分为四阶段，第一阶段为讲解，占课程的 60%-40%，主要通过讲授的方式让学生学习新知识，在此过程中应用 WWT 软件平台展示与新知识相关的学习材料。第二阶段为探索，与第一阶段互补占据总课程的 80%，主要是让学生利用 WWT 软

¹⁴ 所有作品均可免费在此网站下载 <http://wwt.china-vo.org/tours.htm>



件平台和互联网探索教师所讲的知识或者完成教师布置的探究任务，通过学生自己动手操作以促进其同化新知识。第三阶段为创作，占课程的 20%，主要是让学生通过漫游作品表现自己所学的知识，通过作品任务激发创意，调动多元智能。最终阶段是教师利用学生的漫游作品进行多元评价。这样的教学过程基本上形成混合讲-探-创的天文教学模式框架。基于这样的框架，再继续设计每一阶段的具体教学活动和评价方式，最终获得可操作的教学模式。



图 3-4 混合讲-探-创的天文教学模式框架

(4) 实践教学模式

建构教学模式的目的就是为了指导教学实践，因此，只有在教学实践过程中按照教学模式的操作程序实施才能知道教学模式的有效性。并且，按照理论-演绎法建构的教学模式需要反复的实践，才能将一个理想状态的教学模式提升成一个落到实处的教学模式。

在建构混合讲-探-创的天文教学模式过程中，本研究也尝试过讲授-创作组合及探究-创作组合的教学过程。但是纯讲授式教学无异于课程改革前的教学，而且它为学生增加了创作的负担。若教学过程完全以探究的形式开展，则教师能传递的知识太少，对于大学生而言信息量不足，达不到选修课的教学目标。因此，最终选择讲解、探索、创作三者混合的方式，既充分利用课堂时间，也能促进学生探索和创新能力。

(5) 评价教学效果

根据行动研究、访谈调查、问卷调查等形式了解教学模式实施的效果，还能根据学生完成的作业、试卷、作品、论文等形式考核学生的学习效果。在建构混合讲-探-创的天文教学模式时，笔者主要是以教学实施者的身份观察学习者的状态，从学生的问卷反馈及漫游作品来评价教学效果。

(6) 总结实现条件

在实施教学模式并获得教学评价结果之后，教师要对模块中教师、学生、教学内容及教学媒体应该达到的要求进行总结，为其他教师实施该教学模式时提供参考。

(7) 优化教学模式

总结完实现条件还要总结教学模式设计、实践、评价这三个阶段的经验，留下可取之处，改进不足之处。

3.3.2 借鉴-创新法

借鉴-创新法就是指教师借鉴已有的成熟的教学模式，结合新课程的教学内容，融会贯通地实施教学并实现创新。其建模过程可简化为学习、模仿、创新这三步，如图 3-5。该建构方法



的起点较低，需要建构者从教育文献和他人的教学过程中学习已有的教学模式，从中选取适合自己的模式即可。在学习的过程中要对教学模式的五个要素有深度的理解，多参考该模式在各学科领域的实施案例，在此基础上将所选择的教学模式套用至自己的教学内容上，这就是模仿的过程。当教师能有效实施原有教学模式后，可以对该模式的实施细节进行改进，直至完全融合。在创新环节中，笔者根据创新的方式将其分为了迁移式创新和整合式创新。

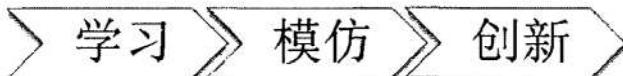


图 3-5 借鉴-创新法建构教学模式流程

(1) 迁移式创新

有的教学模式在某一学科的应用可能较多，而在另一学科领域可能从未涉及，这种在新学科中套用成熟模式的建构方法就是迁移式创新。天文教育研究落后于其它学科的教育研究，这一事实也促使天文教育借鉴其它成熟的教学模式成为一种简单、可靠的建模方式。基于项目的学习模式在天文教育中的应用就是很好的案例。例如，本研究中基于项目的天文探究教学模式便是如此建构而来的。教育研究者已对基于项目的教学模式进行了充分的解读^{[150][154]}，教育工作者也将其应用至数学^[155]、物理^[156]、化学^[157]、地理^[158]、生物^[159]、信息技术^[160]等多学科领域的课题教学，而基于项目的天文教学模式从未被研究过，因此本研究借鉴了基于项目的教学模式，将其应用至天文教学中，形成一种新型的基于项目的天文探究教学模式（详见第五章），它对未来实施类似的天文项目学习有重要的借鉴意义。

(2) 整合式创新

整合式创新是指建构者在学习多种教学模式后，将多种教学模式整合成一种新的模式。例如 Blackboard 平台支持下的大学英语混合教学模式整合了讲授、协作、自主学习等多种教学模式^[161]，Visual Basic 程序设计课程中构建的“案例-任务”驱动教学模式混合了案例教学模式和基于任务的教学模式^[162]。其它典型的教学模式如基于问题的教学模式、探究式教学模式、个性化学习模式、基于资源的教学模式、游戏化教学模式也可以相互整合，形成一种混合式的教学模式。这类创新能够突破单一教学模式的局限性，充分混合教学理论、教学策略、评价方式使得教师、学生、教学内容和教学媒体之间形成有效的教学结构，促进信息技术与课程的全方位整合，为新型教学提供新的模式。这些整合的模式都需要经过教学实践的检验，才能最终称之为创新的有效的教学模式。

3.3.3 经验-归纳法

经验-归纳法是指教师通过长期的教学实践发现自己或他人的教学存在某种模式，按照教学模式的五要素总结出教学理论与思想、教学目标、操作流程、实现条件、评价方式的要点，依



照教学模式再进行教学实践的检验，最后形成一种稳定教学模式的方法。其建模方式可简化为教学实践、提炼模式要素、检验模式、优化模式，如图 3-6。此教学模式的建构方法的起点比借鉴-创新发要高，但是比理论-演绎法要低，它首先依赖于教师在创新的教学中有发现模式的能力，然后教师要通过教学经验进行总结归纳，在了解教学模式五要素的基础上建构出新的教学模式。



图 3-6 经验-归纳法建构教学模式流程

实际上，许多教学模式都是通过这样的方式建构而来的，例如翻转课堂教学模式。“翻转课堂(Flipped Classroom)”起源于美国科罗拉多州的“林地公园高中(Woodland Park High School)”。2007 年春天，该学校的化学老师 Jonathan Bergman 和 Aaron Sams 为了不让缺课的学生掉队，便用录屏软件将自己的课件和讲解的内容做成小视频，然后上传到网上供他们补习。学生来到课堂上只需要完成指定的作业，将学习中遇到的困难及时寻求教师的帮助。该方式不仅解决了缺课学生的问题还获得了不错的教学效果，于是这二位老师就把这种教学形式提炼为翻转课堂教学模式，并通过“开放日”让更多教育工作者观看翻转课堂的运作情况和学生的学习状态，从而促进了该模式的推广^[163]。无独有偶，Salman Khan 本来是为了远程给自己的表妹辅导数学课，后来他看出了“微视频”的巨大作用便开始大量制作教学素材供他妹妹这样的学生群体学习。于是，可汗学院(Khan Academy)诞生了，这为网络课程模式提供了经验基础。毫无疑问的是，现在的 MOOC、微课模式都是据此发展而来。

在本研究中，基于交互式漫游设计的天文辅导教学模式是笔者在观摩美国哈佛大学 WWTA 项目组在波士顿地区的几所中学实施月相探究教学后总结得出的。WWTA 的全称为 WorldWide Telescope Ambassadors，是由天文学家 Alyssa Goodman 领衔一批天文学家、教育工作者在中学、大学、科普展等场所开展天文教育与科学传播的项目。2012 年，该项目组获得美国国家科学基金资助进行一项 WorldWide Telescope Visualization Labs(简称 WWT VizLabs)的天文教育研究，目的是为了充分利用 WWT 的科学数据环境，用交互式漫游的形式辅助中学天文教育中疑难点的教学。笔者有幸于 2013 年 9 月至 2014 年 9 月加入 WWTA 教育项目组，分别在麻省的两所中学参与教学实践，实施课堂观察、数据收集与数据分析。具体的教学内容为“月相与食(Moon Phases and Eclipse)”。该教学模块的内容主要分为前测、WWT 虚拟模型授课、塑料泡沫球实物模型授课以及后测。WWTA 设置此教学研究的目的有两方面，一方面论证 WWT 虚拟模型教学的优越性，另一方面讨论使用实物模型与虚拟模型的顺序对学生学习的影响。笔者在教学中发现，WWTA 非常巧妙地设计交互式漫游，完全让学生自主探索学习。学生在此过程中精神高度集中，能够跟随交互式漫游进行探索，还能完成随堂作业获得知识，最后的剩余时间还能自由



探索更多天文内容。教师在此过程中的干预并不多。这样的教学方式在天文教学中是前所未有的，因此基于“月相与食”的教学实践，笔者提炼出“设计”“交互”“辅导”这三个关键词，按照教学模式的五要素最终建构出基于交互式漫游的天文辅导教学模式，详见第六章。



第四章 混合讲-探-创的天文教学模式

笔者所在的高校自 2008 年起开设理科类天文选修课《苍穹的奥秘》，至今选修人数达 1300 余人，学生来自全校各院系。2011 年以前，该课程每年可设两学期，每学期一个课堂，人数约 100 至 150 人。教师以专题讲座的形式讲授，教学内容包括诺贝尔奖与天文、电磁信号与设备、恒星及其演化史等等，以文字和图片相结合的 PPT 展现内容，偶尔播放天文相关的影片及动画，最后以论文或闭卷测试题为期末考核方式。虽然每年选课人数爆满，但是任课老师还是严肃地反思当前学生的学习效果。教师连同助教针对学生上课注意力不集中，缺乏互动交流，课程论文存在较多抄袭等现象，再结合教育对象大部分为师范生的特色对此天文选修课进行与时俱进地改革。根据建构天文教学模式的理论-演绎法（见本研究 3.3.1），本研究提出了混合讲-探-创的天文教学模式。讲，即讲授、讲解。探，即探索、探究。创，即创作、创新。这三者的混合在天文教学中呈现出一种新型的模式。

4.1 理论基础

4.1.1 “讲授”的理论基础

“讲授”在教育中是指施教者通过口头语言向学习者传授知识和技能的过程。在教育的发展过程中，它形成了一种使用最早、应用最广的教学方法-讲授法。教师可以运用此方法向学生描绘情境、叙述事实、解释概念、论证原理和阐明规律。其它教学方法几乎都需要同讲授法结合进行^{[164], [142]}。讲授法的优点在于使教师有较充分的主动性，易于控制所传递的知识内容；可使学生在较短时间内获得较多的系统连贯的知识。但如运用不当，学生积极性、主动性可能受到压抑^[165]。当探究式教学兴起而“满堂灌”教学受到强烈抨击时，讲授法受到了不公的待遇。它在历次教育改革中成为批判的对象，而现实是讲授法依旧紧密关联着教育教学水平的质量^[148]。在认知心理学、语言学、教育学获得丰硕的研究成果时，我们有必要重新审视这种古老教学方法的合理性。特别是面对天文教学中很难看到、无法摸到、无从想象的教学内容（如天体或天象）时，教师在以往的课程中容易走上“满堂灌”的路子，但是讲授法绝不等同于“满堂灌”，而且在信息技术被广泛应用于课程的今天，讲授的形式变得多样，它依旧是现代天文教育中最可行、最高效的教學方法。

（1）奥苏贝尔：有意义学习理论

本研究已在 3.2.1 节认知主义学习理论中阐述了奥苏贝尔的有意义学习。该理论支持接受学



习¹⁵，即学习者以聆听的方式从教师的“讲授”过程承接知识。它不像发现法（含探究法）需要学生在内化学习内容前经历一个“发现”的过程。发现学习的心理基础早就存在于儿童生活之中，这种学习是自发的，无法脱离特定环境和具体对象。例如昼夜是交替的；白天可以上幼儿园，晚上要在家睡觉；农村的孩子可能在晚上见过天上有很多亮点（它们能发现星星，却不一定知道那是什么），但是城市的孩子可能因光污染不会发现夜空中有亮点，所以这两个地区的儿童对夜空的景象会有不同的认识。而接受学习的心理基础是比发现学习更高级的认知水平，这种学习是自觉的，是通过语言并且脱离具体的对象和情境进行的活动^[148]。随着儿童的心理、智力和语言的逐渐成熟，他们进入学校以后能够接受教师给他们讲授的知识，即使在学校里没有任何发现的经历。例如教师告诉城市里的孩子晚上天空中会出现闪闪的星星，即使他们从未亲眼见到过，但他们对夜空的认识中会出现“星星”这样的概念，它是以文字符号的形式存储于认知结构中。

奥苏贝尔的研究表明，他认为讲授法是比发现法更为高级的教学方法。因为它可以脱离具体情境的限制，从而使教学突破了个人生活的局限。正如我国学者所说，教学是解决个体经验和人类社会历史经验之间的矛盾的最强有力的工具之一，它突破了时间、空间的局限和个体直接经验的局限，扩大了他们的认识范围，赢得了认识的速度^{[148][166]95-97}。这对正式的天文教育而言至关重要。本研究 2.1.3 节已陈述过天文教育中的困难，学生在学前对天文的直接经验非常有限，户外观测又很困难，这就使得学生在学习起步阶段是脱离具体的情境和个人生活经验的。在学习过程中，即使教师不为学生展示任何有关宇宙形象的信息如图片、模型等，教师仅通过语言和文字也是能让学生学到天文知识的。例如人们的生活经验是太阳在天空中东升西落，但教师却必须告诉学生，太阳基本上是不动的，是地球自身在旋转，同时绕着太阳旋转。教师在课堂内无法为学生验证这一事实，学生只能“接受”地球公转和自转的概念。

天文教学相比其它学科教学更依赖讲授法，因为它不直观、无交互、远离日常生活。但是这种讲授从来都不是随心所欲的漫谈，而是要以学生掌握科学概念为目的设计和组织的。奥苏贝尔提出了组织学习的两个基本原则和一个策略。这对设计讲授的内容及建构天文教学模式有重要指导意义。

①逐渐分化原则。即首先应该传授最一般、包容性最广的观念。然后根据具体细节对他们逐渐加以分化，这样可以为每个知识单元的教学提供理想的固定点，即对新知识起固定作用的原有知识。这是一种提倡下位学习的教学方法。例如，要想讲解各大行星的特征及它们的共性则先抛出“太阳系”的概念，然后介绍太阳系中太阳的主导地位，接着可以依次或挑选讲解太阳系中八大行星、卫星、矮行星、小行星带、彗星等天体的特征。通过 2006 年降级冥王星的事件引出行星的定义，介绍行星之间的相对运动等知识。

¹⁵奥苏贝尔主要是从心理学角度论述问题，因此经常采用“接受学习”这一术语。有关“接受”的讨论放在教论学中基本上可以对应于“讲授法”。



②整合协调原则。指如何对学生认知结构中现有要素重新加以组合。有些知识无法按照从概括到具体的序列来进行下位学习时，教学就要考虑上位学习和组合学习。该原则更符合天文教学设计的需求，因为人类认识宇宙的自然过程是从地球开始，然后是地月系、太阳系、银河系，最后至全宇宙的总星系这样逐渐上升的概念。当学生没有直接经验和原有知识时，教师只能先为学生提供熟知的、贴近生活的下位概念，才能将学习内容推向至更抽象、更遥远的上位概念。奥苏贝尔认为，所有导致整合协调的学习，同样也会导致学生现有知识的进一步分化^{[80], [59]}。例如，教师从学生熟知的黄道 12 星座拓展至陌生的全天 88 星座时，学生的认知结构发生了变化。他们所能说出的星座不再仅限于占星学星座，而是明白北斗七星所在的大熊座，天狼星所在的大犬座与白羊座、金牛座同是天空中的一个区域。在此基础上，他们对星空有了四季变化的概念。夏天容易看到天琴座、天鹰座和天鹅座，冬天容易看到猎户座、双子座和金牛座等等。

③先行组织者策略。先行组织者是先于学习任务本身所呈现的一种引导性材料，它要比学习任务本身有较高的抽象、概括和综合水平，并且能清晰地与认知结构中原有的概念和新的学习任务关联起来。它实际上就是通过适当的语言文字或媒体呈现出来的、与新的学习任务相关的“原有观念”。它不仅能有助于学习者建立学习心向，还能帮助学习者从原有认知结构中提取有实质性非任意联系的内容，从而促进有意义学习的发生。根据奥苏贝尔的下位学习、上位学习以及组合学习的同化模式，先行组织者则有对应的三类。上位组织者，即组织者在包容性和概括程度上均高于当前所学习的新内容，新旧学习内容存在类属关系；下位组织者，即组织者在包容性和概括程度上均低于当前所学习的新内容，新旧学习内容存在总括关系；并列组织者，即组织者在包容性和概括程度上既不高于，也不低于当前所学习的新内容，新旧学习内容是一种并列组合的关系^{[82], [86]}。教师要按照新旧知识之间是类属、总括或并列组合这三种关系之一合理地选择先行组织者。在天文教学模式的讲授阶段中，该策略的使用是非常重要的环节。在基于 WWT 的教学实践中，笔者通常以漫游的形式为学生呈现先行组织者。

(2) 多媒体学习认知理论

本研究 2.2.2.2 已经阐述了多媒体学习认知理论的基本内容，它在天文教学模式的讲授阶段起到了两方面的作用：

①为 WWT 平台的演示作用提供理论基础

基于天文教学内容的特殊性，我们知道天文教学非常依赖讲授式的教学方法。若教师只以语音和文字呈现学习内容，它只能刺激学生认知的言语通道，即使将文字用 PPT、Prezi 等多媒体展示工具呈现也是一样。学习者上完一节课后，他的言语通道认知容量容易过载，而学习者的非言语通道基本没有被使用，对此认知容量有些浪费。另外，如果言语信息和非言语信息的呈现存在时间与空间的差异，这也会有碍学习者对这两种信息建立联系。而当教学过程中加入图像媒体如照片、图表、动画、视频等元素时，学习者很容易建立这种联系，即整合信息，从而提高有意义的学习^[167]。



也就是说，在讲授天文教学内容时，为学生提供直观的天文图像、视频等非言语信息只是将没有被占用的非言语通道利用起来，只要呈现的两种信息在时空上同步且不造成认知负荷过载，这种教学方式比纯言语讲授有更好的教学效果。实际上，这种做法并不是在多媒体出现以后才被提倡的。早期的讲授式天文教学中，教师就开始利用图示或实物模型来展示他们从未见过的天体、天体系统或天体活动。信息技术兴起以后，天文主题的数字化图片、flash 动画、纪录片和科教片逐渐增多，教师也更倾向使用这些精美的、有教育价值的资源。但是，这些数字化资源分布零散，且兼容性、教育性、艺术性都依赖于教师的选择和改进。天文软件平台也是一种信息技术产物，它相对其它媒体专业性更强、内容更丰富。WWT 软件平台作为一款典型的天文软件，有着超越其它软件平台的特色和优势（见本研究 2.3.2）。

WWT 集合了哈勃空间望远镜、斯皮策红外望远镜、钱德拉 X 射线天文台等诸多天文数据库资源，并以星空、太阳系、地球、全景和行星这五种可视化模式呈现宇宙中的天体及天体系统。它海量的高清图片、娓娓道来的漫游短片能给人以直观、生动、形象、真实的体验，使得抽象的天体形象、天文概念变得具体。再加上教师的口头授课、讲义、课件等语言信息，图文声三者并茂，有效地整合了言语和非言语信息。学习者对两种信息进行表征并相互作用后能积累更多长时记忆的内容，最终达到激发兴趣和提高天文学习效果的目的。这就好比教师为了纠正学生脑海中的地月尺度图，告诉学生地球的直径为 1.27 万千米，月球直径为 0.35 万千米，地月平均距离为 38 万千米。这些文字还不如让学生在 WWT 中看一眼地月系统来得记忆深刻。简而言之，这就是天文教师将讲授和多媒体演示相结合的教学方式。

②指导教学内容的设计

在认知负荷理论和工作记忆模型的双重指导下，基于 WWT 的天文讲授内容的设计原则是在认知容量有限的前提下，降低内在和外在认知负荷，同时增加相关认知负荷。

为降低内在认知负荷，教育者可以针对学生的学情设计教学内容，通过先分后整，先简后繁的方式将教学内容逐渐贯穿于整个课程^[168]。也可以根据奥苏贝尔的逐渐分化和整合协调原则组织教学内容。学习材料间的难易程度被降低以后，容易促进学习者对各材料的整合，从而降低内在认知负荷。例如笔者为《苍穹的奥秘》课程设计的教学内容依次为学生熟知的太阳系，他们好奇的天象原理，女生非常感兴趣的星座，学生都想要学习的户外认星方法以及学生所不了解的宇宙全景。在讲授式教学阶段先呈现先行组织者，调动学生的原有知识，为新学习内容做铺垫。然后通过提问，或介绍天文中有意思的话题、结论激发学习者的学习心向，刺激学生的学习动机。最后再逐步讲解现象、概念、方法等新的学习内容。

为减少外在认知负荷，教育者要精心设计学习材料组织和呈现的形式。因为拙劣的教学素材、不合理的教学活动、无条理的内容呈现以及不畅通的信息传递等过程都会引起学习者外在认知负荷的增加。对于多媒体的课件设计或结合软件平台教学的课程设计没有统一的标准说哪个设计最好，哪个设计最差，但是学者或教师会对教学设计给出一些参考原则，如空间临近原



则、冗余原则、一致性原则等^[167]。教育者结合这些原则，以及对学情的了解，对天文学习三维目标的分析，应用 WWT 软件平台设计出既有知识也有表现力的教学过程是对学生的极大帮助。

为增加学习者的相关认知负荷，必须确保学习者愿意并能有效投入认知，在教学设计时要设法唤醒、引发学习者的认知投入，同时引领与帮助学习者的认知投入。最后，不论将内在或外在认知负荷降到何种程度，以及将相关认知符合增加到何种程度，在教学计划中设计的教学内容、活动、方式的总负荷量不能超过学生所能接受量，否则学习者无法完成有意义的学习，同样达不到教学目标。

4.1.2 “探索”的理论基础

《现代汉语词典》^[169]中，“探”的释义之一为“试图发现（隐藏的事物或情况）”，在此基础上，探索意为多方寻求答案，解决疑问。探究意为探索研究，探寻追究。可以看出二者的意义非常接近，但略有不同。探究包含探索且有进一步研究的过程，而探索则是探究的基础，有着更广泛的意义。自二十世纪中期以来，“探究（inquiry）”可谓教育领域的热门词汇，探究式学习也成为现代教学提倡的教学方式。它基本包含提出问题、猜想与假设、制定计划与设计实验、分析与论证、反思与交流的步骤。而“探索（explore）”在教学中没有探究那么的严格，它是在问题或任务的驱动下发现未知的事物。它不一定包含猜想与假设，分析与论证的过程，但是在教师的引导下，探索可以进一步转化为探究。在本研究中，混合讲-探-创的天文教学模式中的“探”接近“探索”的意义，在具体的教学过程中可以实现“探究”的深度。不论探索还是探究，它们在教学中拥有共同的理论基础。

教师讲授主要的教学内容时期望学生能够在“听讲”过程中实现“有意义的学习”，但是这种学习效果并不能得到立即验证，而且通常不是百分百的实现。因此，根据行为主义（见本研究 3.2.1.1）理论，教师可以让学生根据自己所讲的内容在 WWT 天文软件和互联网的支持下进行复习或探索新的内容，这种“探索”的刺激一方面强化了学生在“讲授”阶段所学的内容，另一方面有助于学生发现新的事物。例如教师讲完 12 星座中容易观测的天体及现代天文发现后，学生不一定全都记得住。可以让学生用 WWT 选择一个星座进行探索，回顾教师所讲的内容。与此同时，在探索星座的过程中学生也许能发现黄道星座不止 12 个而是 13 个。

布鲁纳的发现学习理论（见本研究 3.2.1.2）鼓励学生主动发现事物间存在的相互关系，这种学习方式有利于学生“学会学习”。探索阶段正是一个让学生主动发现知识的绝佳机会。例如，当教师给学生讲解了诸多在地球上所看到的天文现象时，学生要能总结归纳出这些现象的实质都是天体之间的相互遮挡。教师可以进一步提问“若人类移居到火星上，哪些现象还会看到，哪些现象看不到了”让学生去自主探索。学生会自行发现这种相互遮挡跟哪些因素相关。要想让学生实现发现的过程，教师必须为学生提供“发现”的条件。在天文教学中，教师无法



将天体搬入课堂，在大学教学中也很少准备实物模型，因而 WWT 天文软件和互联网成为最容易建设但却内容最丰富的发现环境。

建构主义学习理论（见本研究 2.2.2.1）则强调认知的同化与顺应过程。在教师讲解完大量的天文知识后，学生并不是将知识完全同化或者顺应，也就是说“讲授”的实际效果并不能实现完整的意义建构。要想补足此部分可以通过情景、协作、会话来进一步完成意义建构。这个过程就可以通过“活动”的形式体现出来。例如教师在课堂上利用 WWT 演示日食的过程，并讲解日食产生的原理。当讲授阶段全部结束后，教师让学生自己在 WWT 中模拟日食时，课堂上通常有一半的学生不知道如何实现模拟。此时，这些学生就需要通过自己思考、请教同学或询问老师的方式完成模拟。学生通过在太阳系和星空的模式中切换，选择正确的观测位置，调节日食发生的时间等操作过程彻底弄明白日食形成的过程。

4.1.3 “创作”的指导思想

(1) 创造、创作、创新的含义

创造：在我国古代典籍《词源》中，“创”字有疮、伤、损、惩的意思，其共同含义是“破坏”；而“造”字有作、为、始、成的意思，共同含义是“建设”。二者结合起来，“创造”就是“破旧立新”。在《辞海》中将“创造”一词解释为“制造前所未有的事物”，这是有关创造的最普遍的阐述^{[170].2}。

创作：主要是指文学艺术领域的创造，其价值主要解释世界上美的规律，给人带来美的享受，从而丰富人们的精神生活，一般不强调其使用性，如小说、诗歌、音乐等。目前，创意一词应用较多，主要是文学艺术产品的一种新构思、新想法和新方案，当它与经济结合产生经济效益时，就可能是创新^{[171].1-2}。例如本研究第五章中，学生创作了“天上的街市”漫游，其构思属于创意，用 WWT 将中国古星图进行可视化并形成数字化推广资源就属于创新。

创新：《辞海》中把创新解释为抛开旧的，创造新的。它源起于拉丁语，含有更新、创造新的东西、改变三层含义。国内外学者对创新一词有多种释义，例如创新就是利用已存在的自然资源或社会要素创造新的矛盾共同体的人类行为，或者可以认为是对旧的一切所进行的替代、覆盖^{[170].1}。

(2) 创造、创作、创新的关系

目前，国内外对创造与创新的关系讨论得较多，主要形成了“等同说”“本质不同说”“包含说”“交叉说”及“本质相通说”^{[170].4}。在这五种观点中，笔者较为支持“交叉说”，即“创造”和“创新”的内涵有相通的部分，也有不相容的部分，呈现出交叉状（如图 4-1）。创造的成果不一定具有创新性，而创新的东西除了创造出来还必须

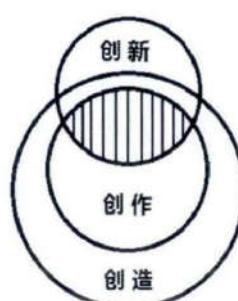


图 4-1 创造、创作、创新的关系



有一定的社会性和价值性。两者共有的部分是产品具有新颖性，都需要创造性思维、创造力，都需要进行探索性工作等。在实现过程上，创新则非常依赖创造，创造是创新的基础。创造的过程是不可预测的，具有偶然性，因此初期结果可能较为粗糙，价值不一定显露出来。但是经过不断的改进后，创造成果能达到创新成果的影响力。将透镜组合成望远镜用来观测星空便是一个典型的由创造发展为创新的案例。

从前文中创作的定义就能看出，创作属于一种创造行为，但是它限定在特殊的文学艺术领域。WWT 漫游作品具备电影一样的播放效果，它兼备科学性、艺术性、文学性。因此，学生在创作自己的脚本，然后通过编辑漫游加以实现的过程实际上就是一种创造过程。当这些漫游作品在教育或科学传播过程中体现出新颖的价值时，它们就能称为一种创新。

（3）创新的意义及人才培养

人类的发展史实际上正是一部创新史，没有创新就不会有社会的进步。现如今，大到国家，小到个人都在鼓励创新，这种思潮推动者人们进入创新时代。江泽民同志指出：“创新是一个民族进步的灵魂，是国家兴旺发达的不竭动力。”在依靠知识和信息生产、分配和使用的知识经济时代，创新是其最大的驱动力。2006 年，全国科学技术大会提出了建设创新型国家的目标，其关键点在于创新型人才的培养。此类人才在企业发展中占据核心竞争力，为企业的存亡保驾护航。创新对于个人而言是展示个性，施展才华的制高点，是自我价值的充分体现。由此可见，创新对于社会的进步、企业的发展、和人生价值的实现具有重要意义。

创新型人才是指在一般人才素质的基础上，强调人才在创新思维和创新能力方面有杰出表现的人才。因此，培养创新人才的要点在于培养人才的创新意识、创新思维和创新能力。创新意识是指人们根据社会和个人发展的需要，引出新事物、新思想或新观念的动机，在创新活动中表现出的意向、愿望和设想，指导创新行动具有目的性和方向性^{[171].7}。创新思维，又常被人理解为创造性思维，它是创造力的核心。狭义上的创新思维是指人类认识史上首次产生的、前所未有的、具有较大社会意义的高级思维活动。广义上讲，针对某一具体的思维主体而言，任何新颖独到的思维都可以视之为创新思维^{[170].51}。创新能力在不同的场景中又被称作创造能力或创造力，目前对其并没有统一的定义。我们可以将其认为是一种综合能力，它可以将创造性思维的成果转化为有价值的、前所未有的创新产品的实践能力，例如计算、交流、制作、设计等的整合。

在创造学的发展下和创新人才的需求下，教育领域出现了相应的创造教育^{[172][173]}和创新教育^{[170].263[174].5}，旨在探索如何培养创新和创造型人才。具体可以从以下几个方面入手：①教师要注重培养的创新意识，这可以通过提问、思考、探索、发现等过程实现。教学方法上从“注入式”转为“讲授式”“启发式”“探究式”“问题式”等积极促进学生心理活动的方式，评价手段上注重以报告、实践、作品与传统考试、论文相结合的多元化方式实施考核。②提供创新平台。每个人都具备创造力，但并不是每个人都能发挥出来，这很大程度取决于个人是否获



得发挥创造力的机会。为学生提供创新平台实际上就是为学生发挥观察力、注意力、记忆力、理解力，发现问题能力、操作能力、信息能力等综合能力提供机会，最终实现创新。③训练学生的创新思维。人们已经总结了通过突破思维定式法、发散思维法、逆向思维法、形象思维法、利用潜思维法、辩证思维法等特殊训练使学生获得创新思维发展的经验，教育可以依此培育学生。除以上三个方面以外，教师还可以利用新信息触发创新灵感，通过提高教学效果为学生打下坚实的知识基础等方式促进创新创造人才的培养。

(4) 创作作品的意义

天文学不是以技术、产品、管理、服务创新为主的学科，它以理论与测量相关的科学发现为主。在以创新为教学目标之一的天文教学中，非天文专业的学生难以达到科学研究上的创新性。但是，这并不影响教学培养学生的创新意识、创新思维和创新能力的过程，要体现这些创新元素则可以依赖作品的创作。本研究就是通过《苍穹的奥秘》课程培养学生的创新意识，以 WWT 软件平台作为创作创新的平台，通过展示已有的优秀漫游作品，介绍天文相关的影视、新闻、训练学生的创新思维。最终，学生要自己动手制作出基于幻灯片的漫游，将个人的创新想法和所学知识通过 WWT 漫游表现出来，锻炼学生的创新能力。因此，学生创作作品可以体现出以下意义：①鼓励创新。学生经历了创新训练的系列过程，有的能创作出具有创意的作品，有的则可能是经历了一次失败的创新。②发挥个人专长。选修课上来自于不同专业的学生能有机会将自己所学或自己的专长融入至作品中，既学以致用又显示出新意。③促进知识的建构。以创作作品为任务驱动学生主动学习知识、巩固知识的机会，有利于天文知识的建构。④提供多元智能评价方式（见本研究 3.2.5）。学生创作的作品中不仅体现了所学的天文知识，还能通过文字表达、画面设计等方式表现学生的语言素养、音乐审美、逻辑思维等智能。它便成为考核学生多元智能发展的重要依据。

4.1.4 混合模式的指导思想

二十世纪以来，各种教学思想、学习理论以及信息技术对教育产生了巨大的推动作用。学者们对多种教学模式的实施进行反思后逐渐发现：学习是一个复杂的过程，所有人都不是遵从单一模式进行学习的^[175]。这就说明，教学需要多种教学模式的综合运用来提高教学质量，遂人们进入混合学习领域的探索。Driscoll^[176]曾对混合学习（Blended Learning）进行了较为全面的论述，她认为混合学习意味着学习过程可以是基于 Web 的技术（如虚拟课堂实况、协作学习、流媒体和文本）的结合（或者混合），以实现某一教学目标；是多种教学方式（如建构主义、行为主义和认知主义）和教学技术（或者非教学技术）的结合，共同实现最理想的教学效果；是任何形式的教学技术（如视频、CD-ROM、基于 Web 的培训和电影）与基于面对面的教师教学培训方式的结合；是教学技术与具体的工作任务的结合，以形成良好的学习或工作效果^[177]。



2003年，北京师范大学何克抗教授在第七届“全球华人计算机教育应用”大会上介绍了混合学习的理念之后，黄荣怀^[178]、彭少东^[179]、周春红^[180]、赵冬梅^[181]等国内学者纷纷对此课题进行了教学实践和深入研究，肯定了这种混合学习为教学所带来的益处。

当混合学习形成固定的模式时，这种模式可以称为具备某些特征的混合模式。因此，混合模式可以视作是几种基本的或常见的教学模式的混合。其思想就是通过合理选择和优化组合教学模式以实现更高的教学目标。混合教学模式的形式多种多样，它可以是远程教学与面授教学的混合，虚拟实验与实物实验的混合，教师主导活动和学生主体参与的混合，不同教学媒体的混合等等。例如，基于网络资源的混合教学模式中采取了教材与网络资源相混合、课堂教学与网络学习相混合、各种教学方法相混合的方式^[182]。“案例-任务”驱动教学模式中创建了混合多种资源的教学环境，接着通过典型性案例教学方法完成知识的传递，然后下发发散性任务让学生进行实践^[162]。本研究中“混合讲-探-创的天文教学模式”是将讲授式与探索式教学过程混合，虚拟数字星空与户外真实星空相混合，软件资源与网络资源相混合，教师讲授与学生创作相混合，当今天文学研究成果与基础天文教育内容相混合。

混合并不是盲目的拼凑，它必须以有效的教学设计作为前提，才能保证混合教学模式的有效实施。这就意味着混合模式的关键点在于根据教学目标对模式要素的内容进行优化式选择和搭配设计。在设计的过程中，教师可以遵循以下几点：①美国大众传播学家施拉姆的媒体选择定律，即最小成本和最大价值率，适当地选择与组合媒体，以最小的可能付出实现最高的学习效果。目前市面上有诸多天文软件、图片、影视、网页等数字化资源，但是它们零散地分布在各网站，极少数是专为正式天文教育而开发的。教师在寻找和整合教学资源的过程中需要花费大量的时间和经历，而且选择太多不同种类的媒体会让学生眼花缭乱增加外在认知负荷。因此，在媒体选择时尽量使教学媒体从一而终，在既满足教学展示的需求下，又提供探索、创作、辅导等功能。这也是本研究选择 WWT 天文软件平台的原因，它是目前实现混合讲-探-创的天文教学模式的最佳选择。②教学设计理论，即用系统方法描述教学，分析、设计、开发、评价和修改的全过程^{[183]2-4}。③多元智能理论（本研究 2.2.2.3），即教学活动的设计以促进学生多元智能发展为目标。

4.2 模式内涵

4.2.1 基本特征

混合讲-探-创的天文教学模式是一种混合多种教学方法、实现多个教学目标的教学模式，它在学生直接经验有限，教学内容不直观、抽象、无交互的天文教育中呈现出以下主要特征：



(1) 半开放式课堂教学：天文教育很难开展完全开放式的课堂教学，而此教学模式既保留了传统讲授式课堂教学传授大量知识的优越性，又开辟了探索式教学的开放环境，形成一种以讲授为主、探索为辅、创作为结果的半开放式课堂教学模式。

(2) 基于信息技术实施天文探索：天文教育很难实现真实情境的教学，在此教学模式中，信息技术提供的虚拟星空和网络资源则为学生创造探索探究的环境。在学生见到他们从未见过的宇宙面貌时，他们便开始了主动探索。

(3) 信息技术与天文教学的深度融合：信息技术在此教学模式中不仅仅是演示工具，还提供了探索式学习的资源环境，信息加工与知识建构的工具，创作创新的平台，使得天文教育的教学形式、教学目标、教学结构等方面都发生了变化。

(4) 有一个最终作品：学生利用课上和课下时间完成一个基于幻灯片的天文主题漫游。它激发了学生的多元智能，促进学生建构知识，考验学生的信息素养，有助于培养学生的创新思维和创造力。

(5) 以海量科学研究数据作为教学基础：此教学模式所选用的信息技术（WWT）集合了海量天文观测数据，其可视化结果为学生呈现了多维度多视角多波段的宇宙，同时其丰富的数据库链接为学生提供探索发现的条件。科学数据是教学中科学性的有力保障，海量数据是教学中丰富性的有力保障，其功能的多样性也使得教学媒体在整个教学过程中保持了一贯性。

(6) 填补了学习者对宇宙的直观印象：学生通常缺乏天文学的直接经验，也缺乏对天体、星空、宇宙等的直观认识。此教学模式能让学生在脑海中呈现清晰的宇宙结构及天体形象，在一定程度上实现了他们想看到真实星空的期望。

4.2.2 教学流程

混合讲-探-创的天文教学模式既不失去讲授式教学方法的高效性，也不失去探索式教学方法的建构性，其最特色的内容是能实现天文相关主题的作品创作。因此该教学模式的主要流程分为课堂内的讲授、探索、创作以及完成作品后的评价四个阶段，每个阶段有相应的操作流程，如图 4-2 所示。

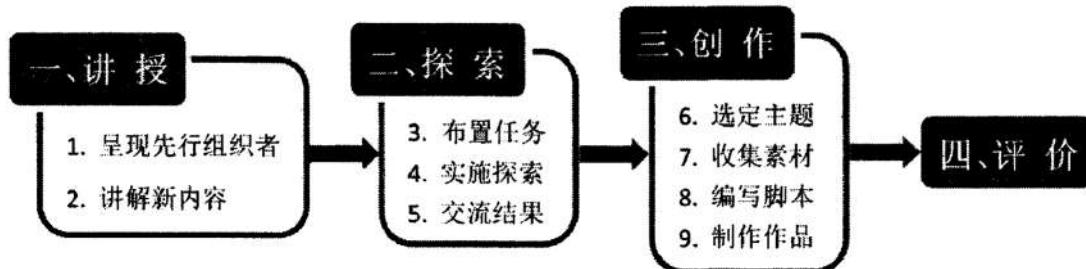


图 4-2 混合讲-探-创的天文教学流程



(1) 讲授阶段

讲授式教学是学校教育的经典模式，它是通过教师的口头语言向学生传授知识和技能的过程。倘若教师不清楚讲授教学过程中学生的认知规律，教学过程很容易变成一堂“满堂灌”的形式。在奥苏贝尔的有意义学习理论的指导下，教师在授课之初应当使新知识与学生原有认知、原有观念、原有经验之间建立起适当的、有意义的联系。教师可以采用先行组织者的策略，这对以讲授为主的天文教学而言非常重要，且直接有效。因此，讲授式教学阶段的第一步是向学生呈现先行组织者，然后再讲解新内容。

①呈现先行组织者

先行组织者是先于学习任务本身所呈现的一种引导性材料，它要比学习任务本身有较高的抽象、概括和综合水平，并且能清晰地与认知结构中原有的概念和新的学习任务关联起来。它根据学习的同化模式分为上位组织者，下位组织者和并列组织者。

要正确的选择先行组织者，首先要了解学生的原有认知、原有观念、原有经验的情况。因天文学的教学内容特殊，大多数学生除了见过太阳、月亮和少量星星（包括恒星和行星，但学生并不会分辨）以外，他们并没有多少直接经验和对天文的思考。当教学对象是大学生时，他们在中学学过“宇宙中的地球”和“开普勒三定律”等天文相关的内容。在互联网、媒体信息快速发展以后，学生通过新闻、博客、微信等方式了解到的最新天文信息反而比正式教育多很多，但是并不系统和深入。总的说来，学生对天文的系统认知停留在中学水平，对最新天文事件有所了解。在此基础上，教师可以考虑先行组织者与原有知识的关系了。

例如，在讲解太阳系的相关内容之前，教师以风趣幽默的《鲁豫有约之宇宙漫游（太阳系）》（以下简称《太阳系》漫游）激发学生的兴趣，同时唤醒学生对太阳系的认识。该漫游借“鲁豫有约”的访谈形式邀请“地球”讲述太阳系家族的故事。它先介绍了太阳的体积、质量及太阳黑子，然后模拟了日全食过程。接着“金星”以神秘嘉宾的身份出现，对自己的相位变化、逆向自转、硫酸大气等进行介绍。然后“火星”以VCR的形式对奥林匹斯山、极冠和火星探测进行介绍。最后，木星、土星、天王星、海王星、冥王星等天体以预告的形式出现，并未作细致讲解。该漫游形式新颖，语言轻松活泼，角色与天体相融，内容为熟知的现象而不涉及原理，既为学生呈现了新教学内容的主体形象、宇宙环境、位置关系等信息，又激发了学生的学习心向，即进一步探索太阳系的天体特征及其它规律。太阳系和行星是类属关系，行星、卫星、彗星是并列组合的关系。

除此之外，教师还能以《日食》漫游作为先行组织者讲授众多天象形成的原理，日食与天象则是总括关系，日食与月食、金星凌日、流星雨等是并列组合的关系。以学生是什么星座引发话题讨论，然后呈现他们熟知的黄道十二星座，并以此拓展至全天88星座。WWT漫游，软件模拟，话题讨论，电影，歌曲，热点新闻等都可以作为呈现先行组织者的方式。

②讲解新内容



呈现完先行组织者后，教师通常会留下悬念或问题以激发学生的学习心向。然后讲解新的教学内容。如“我们的太阳系”课程中，教师主要讲解太阳系的形成和演化，太阳系天体的分类，行星特殊现象产生的原因（如金星的极慢逆向自转，木星的云带与大红斑），冥王星降级的原因，太阳系的物理规律（如行星共面性，自转与磁场之间的关系）等等。新的教学内容按照逐渐分化原则和整合协调原则进行设计即可。

根据多媒体学习认知理论可知，教师能在天文教学中使用媒体素材有助于教学效果。对于天文学这类直接经验有限，学习内容不直观，交互性少的学科，教学媒体的可视化和演示功能对其教学起极大作用。WWT 作为演示工具（本研究 2.3.3.2）正好能辅助教师讲解宇宙中的自然规律。

（2）探索阶段

探索阶段是为学生提供探索交互的机会，让学生将教师在讲授阶段所讲解的内容进行重温与巩固，对教师提出的问题进行探索与探究，从而建构新的天文知识体系。这一阶段分为三个步骤：

①布置任务。这一环节根据教师的教学目的分为两种，一种是复习教师所讲授的内容，然后实施自由探索。另一种是教师提出探究问题，让学生基于 WWT 软件平台和网络资源环境实施探究性学习。教师在讲解了多而复杂的天文知识，且并没有计划让学生对某一问题实施探究性学习时，可以选择第一种任务。这种任务较为简单，通常在学生刚开始学习使用 WWT 平台或教学内容较多时采用。例如，教师利用 WWT 平台在课堂上边演示边讲解了多种天文现象发生的原理后，让学生模拟出某一特定的天文现象。教师想要学生就某一问题进行科学探究，从中学新的天文知识时可以选择第二种任务。这种任务具有挑战性，不是学生靠原有认知就能解决的问题。例如：月球上的环形山与地球上的环形山分布相比有何差别，试解释其原因；分析地球所处的宇宙环境，总结寻找地外生命的要素；冥王星是否该降级；黄道上的第十三个星座在哪儿；自己的星座在什么时间观测最佳；如何寻找黑洞等。

②实施探索。对于第一种任务，学生只需要重复教师在课堂上演示过的内容即可，但是这种重复也并不会非常简单。即使教师在课堂上演示过日全食发生的完整过程，讲解了其原理，学生在自己操作的时候也不一定能够顺利模拟出来。选择“星空”指向还是“太阳系”指向是学生遇到的第一个问题，也是大多数学生模拟不出日全食的原因。接着学生要选择正确的观测时间和观测地点才能重现日食，否则就会出现日偏食的现象。学生相互讨论或寻求教师的帮助就能解决这一问题。然后他们就能自由探索数字星空，寻找他们感兴趣的内容。对于第二种任务，教师可以参考探究式教学，引导学生经历猜想与假设、制定计划或设计实验、进行实验与收集数据、分析与论证等步骤逐渐获得问题的答案。在学生寻找第 13 个黄道星座时，他们有的直接在 WWT 的“星空”指向中沿着黄道一个个核对星座。有的直接在网络上搜出结果，然后



在 WWT 中利用“搜索”功能或在“星座”文件夹中找到该星座，让 WWT 自动在星空中定位到此特殊星座^[127]。在学生都知道该星座的名称后，教师要引导学生探究更多有关该星座为什么被忽略，星座划分有和意义，自己的星座中有哪些奇妙的天体，天文学家对他们的了解有多少等。

天文学不像其它基础学科能将实验搬进教室，天文学研究依靠数据分析、理论演绎以及计算机模拟，而天文教育特别是非专业天文教育主要依赖实物模型（如天球仪）、虚拟星空和互联网来实施探究，其中虚拟星空和互联网占极大比例。

③交流结果。学生探索过程中可以进行交流，探索完之后更是有必要将探究结果与同学或老师进行交流，这一步有助于学生同化或顺应所学知识，实现新知识的有效建构。教师可以鼓励学生主动在全班同学面前陈述探究结果，也可以以游戏或抽点的方式邀请学生对进行陈述。

（3）创作阶段

创作阶段是考察学生学习效果，激发多元智能，鼓励创新的教学环节。它是以学生为主，教师为辅的教学活动，主要过程包含选定主题、收集素材、编写脚本和制作作品这四步。在漫游中添加录音时，可参考《教你做 WWT 宇宙漫游的总导演》^[184]。

①选定主题。主题是一个漫游的中心思想，即创作者想通过漫游表达什么内容。按照天文对象可将主题分为：地球或月球、太阳系、星座、星空、天象模拟及其它。每个主题还可细分，如太阳系包含太阳、八大行星、彗星、小行星带等。学生只需抓住一个层面的主题，将所学所思通过漫游表达出来即可。学生选定的主题通常都是他们最熟悉或者最感兴趣的天文内容。

②收集素材。这是学生对信息进行加工的过程，也是知识建构的过程。因为学生要从书籍、报刊、网站、影视、软件等渠道广泛地收集信息，这些信息可能包括知识、概念、新闻、历史、文化、科幻。然后学生要分析他所看到的信息与选定的主题是否相关，理解这些信息中的意义。接着学生需要将找到的有效资料存储或记录下来，摒弃无关材料，为下一步编写脚本准备充分的素材。收集素材时的要点是紧扣主题。

③编写脚本。脚本是电影剧作的一种形式。早期摄制电影时的剧本只是对各场人物的外部动作、情绪与人物感情提示的概述，导演可在影片拍摄过程中随机掌握，故称脚本。脚本的表现形式简陋，不强调叙述文字的修饰与文学性，以实用为主，但需要有完整的艺术构思^{[185],102}。学生在编写漫游脚本时，需要对内容的科学性、逻辑性、文学性和艺术性进行合理安排。这是学生对所学知识以及收集的相关素材的再加工与知识建构，也是学生创意的雏形。好的脚本有利于学生理清制作漫游的思路，有利于字幕或录音的制作，有利于设想作品的表现效果。《太



阳系》漫游的脚本（见附录一）可作为模板供学生参考，里面有清晰的结构、丰富的内容、细致的角色安排和情感提示。

④制作作品。它就是把前面一步编写好的脚本转换成漫游。制作漫游的好坏一方面要看脚本的设计，另一方面就要看制作的技巧。制作技巧包括文字、图片、形状的合理添加和效果设置，还包括画面的选择、画面之间的连接等等。这就需要学生善于运用 WWT 中的功能。在具体制作过程中，学生能参考《基于数字天空的天文教学培训—微软 WWT 在天文学中的应用》教师手册^[129]中的内容。作品的制作并不是一蹴而就的，需要不断播放不断修改。特别是对于需要录制配音的漫游，学生需要花更多的时间录音并设法使其与漫游画面匹配。在制作漫游作品的过程中，学生还可以利用画图工具，录音工具，图片处理工具如 Photoshop、美图秀秀，音频处理工具如 GoldWave 等信息技术美化自己的作品。

（4）评价阶段

教师可以采用试卷、陈述、论文等常规评价方式与漫游作品的评价相结合。评价漫游作品的方式主要有两种，一种是教师在课堂内引导学生互相评价，另一种是教师在课后对学生的作品进行评价。

①课内互评。采用此方法的好处是督促学生制作漫游的进度和效果，有助于学生漫游作品的改进，在互相评价的时候还考验了学生对天文知识的了解，对作品的审美观以及课堂陈述时的语言表达等多元智能。

②课外师评。学生提交完所有作品之后，教师可以根据本研究 3.2.5 节中的漫游评价量表对每个漫游进行评分。量表中主要考核了漫游作品的主题，文字或录音的语言表达，内容的科学性和丰富性，艺术性（声音与画面连贯、同步），创新性等。教师可以根据每一个指标的优劣性制作更细致的量表。在设计指标体系时遵循指标的直接可测性和可观察性原则、指标间相互独立性原则、指标体系的整体完备性和本质性原则、指标的可比性原则、公平性原则、可接受性原则即可^{[186],98-100}。

4.2.3 实现条件

（1）教师的基本教学技能：教师在混合讲-探-创的天文教学模式中起主导作用，其教学技能直接影响教学的效果。教师除了需要具备扎实的专业知识背景，还要具备基本的讲授能力，了解学生学情的能力，组织探究的能力，课程设计的能力，应用多媒体的能力。在此基础上，



教师才能选择正确的先行组织者，将知识传递给学生，让学生在探索过程中建构知识，完成整个教学过程。

(2) 信息技术的支撑作用：在整个混合讲-探-创的天文教学模式中，教学非常依赖信息技术的功能，特别是 WWT 软件平台的应用。下图 4-3 展示了 WWT 软件在教学过程中的应用环节及支撑作用。每种 WWT 与天文课程整合的方式都在本研究 2.3.3 节有详细介绍。除此之外，此课程在探索阶段需要借助互联网的资源环境，在制作作品阶段需要音频播放器、图片处理工具等信息技术作为支撑。

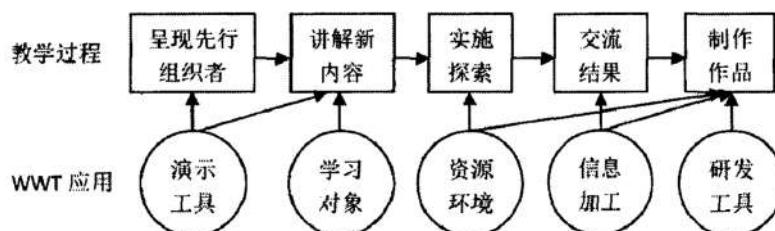


图 4-3 WWT 在混合讲-探-创的天文教学模式中的支撑作用

(3) 探索任务的选择：在探索学习阶段，简单的任务让学生学不到东西，困难的任务让学生难以解决，合适的任务式让学生在原有知识的基础上经过探索能解决的挑战性任务。

(4) 教学时间的分配：天文教学依赖讲授，鼓励探索，这二者可占总教学时间 80%。当讲解内容较多，探索任务较轻时，二者的时间分配可为 60% 和 20%。当教学内容有很好的探究课题时，二者的时间配比可为 1:1。每节课留给学生 20% 的练习漫游制作技能，思考漫游作品的主题，搜集资料，编写脚本等。教师将创作漫游的时间分配到每节课，以免学生课余没有时间、计算机、网络等条件进行创作。一个好的创意或作品是需要时间慢慢打磨的，因此不建议学生将创作留至最后一节课去完成。此教学模式的教学实践是在大学课堂中开展的，每次课程为两个课时（即 90 分钟），有充分的时间完成讲-探-创三个阶段。对于每次教学时间只有 45 分钟的课堂，可以将混合讲-探-创的天文教学模式作为整学期教学的宏观策略，例如讲授三次课可开展一次探究课和一次创作课，具体课时由教师按教学内容机动分配。

(5) 适用的教学对象：混合讲-探-创的天文教学模式适用于非天文专业的大学生和中学生，因为他们的理解能力强，心智较成熟，能接受多样的学习方法。对于天文专业的大学生或小学生，教师可稍微改进此教学模式中的部分环节即可，如将创作改为科学创新会更有意义，或将创作改为陈述会更为简单。

(6) 创新思维和创造力的培养：在教学过程中，教师可以通过突破思维定式法、发散思维法、形象思维法、辩证思维法等方式训练学生的创新思维，以历史典故、影视作品、新闻事件、优秀案例等方式激发学生产生好的创意。让学生自己动手制作漫游作品，使其经历从想法到完整作品的实践过程。教师在学生需要的时候给予辅助性的帮助即可。



4.3 教学实践

4.3.1 教学环境

新的《苍穹的奥秘》课程每学期开设三个课堂，每个课堂人数在 30 人左右，周学时为 2，总学时为 34。这种小班教学方便开展小组合作探究式教学^[17]。新课程主要包含两部分，一部分是原任课教师用 PPT 课件按传统的方法授课。另一部分就是笔者将时长约两个月的讲授课改为混合讲-探-创的天文教学。为简化描述，本研究将前者称为“理论课”，将后者称为“WWT 实验课”。理论课使用的是最常见多媒体教学系统，即配备有一台投影仪和一台计算机的普通教室。WWT 实验课的教学地点是在配备有一台投影仪、一台教师计算机、多台学生计算机的 WWT 教育实验室，所有计算机可使用互联网。学生至多两人使用一台计算机，因此他们都有上机操作的机会。

4.3.2 教学目标

结合本校《苍穹的奥秘》课程现状以及上述理论基础和指导思想，混合讲-探-创的天文教学模式在高校天文选修课中的具体教学目标可分为以下四点：

(1) 利用天文软件辅助教学，直观地呈现更丰富更专业的内容。随着信息技术的发展，WorldWide Telescope、Stellarium、Celestia、Aladin、Google Earth（Google Sky）等天文软件不断涌现，星空已由室外搬到室内，由模糊的平面图片变为高清的立体模式。而且有的星空软件已走出数值模拟的技术手段，进入真实科学数据的可视化时代。相比过去通过各种网页搜索资料而言，一个内容丰富的系统的科学的天文软件平台既能节省教师备课时间，还能为学生直观生动地展现更多天文知识。学生在课下还能使用电脑、平板、手机等终端自由探索天文，与他人分享学习成果，将学习融入生活，实现一种泛在学习。这种基于计算机的教学为无天文观测设施的学校提供解决方案，促进教育的公平性。

(2) 从大班讲授转为小班探究，提高互动性和学习效果。我国基础教育在应试的压力下缺乏探索、探究，因而即使进入了大学，学生依旧维持“听课，通过考试”的理念，这使得学生学习的效果不佳，对研究过程和科学发现表现出茫然。大学教师在授业解惑的同时更应当注重教授学生学习方法，鼓励学生探索创新，培养知识与技能兼备的社会人才。因此，教师要转变观念，开放课堂。在此天文教学模式中，教师依旧掌控“讲授式”教学中的主导地位，同时为学生的探索、探究提供时间和环境。一方面可以让学生有时间消化教师所讲的内容，另一方面可以让学生就一定的问题展开严格的探究性学习。在探究性学习环节，教师引导学生借助软件



及互联网等工具进行观察和实验，寻找答案。这种教师与学生，学生与学生，学生与计算机之间的互动都会促进学生对知识的建构，也是提高学生兴趣的有效途径。为了保证教学效果，课堂人数应当控制在 40 人以内，若选课人数过多可多增设课堂。

(3) 教学内容偏向天文基础知识，意图培养未来中小学天文教师。由于公共选修课的学生来自不同院系，大学以前的天文原有知识也并不多，因此该课程的内容不应涉及过多理论和计算，而是讲解地球、太阳系、恒星、宇宙等的基本规律，提点前沿研究课题即可。结合我校的师范特色，在教学过程中可以向学生说明中小学天文教育的现状，鼓励他们在未来工作中开设校本课程或组织天文社团等。同时教授搜索教育资源，整合信息技术，策划天文活动等技能，为学生将来在中小学教育中讲授天文知识和开展天文科普活动打下基础。提升未来教师天文素养，培养天文学基础教育教师，逐步改善我国天文教育倒挂现象。

(4) 变革考核方式，激发个性化创作。课程论文和测试题是大学常用的期末考核方式，但是现在的大学生已对选修课的论文产生疲倦，原创性的论文数量非常少，测试题仅能考核学生对知识的掌握，教师还需要花心力更新题库。如果让学生根据所学天文知识，利用软件平台制作类似视频的个性化作品，在难度转变不是很大的前提下，用新的考核方式促使学生认真对待这门课程。从学生的作品中，不但能看出学生对课程知识掌握的多少，还能看出学生的创意，以及他们组织内容、编写脚本、动手制作等的综合能力。

4.3.3 教学内容

教学内容包括 WWT 基础篇、我们的太阳系、WWT 进阶篇、可遇不可求的天象、星座大揭秘、寻星之旅、宇宙中的成员，教学计划如表 4-1。每个教学主题设置为 2 课时，每课时 45 分钟。

表 4-1 《苍穹的奥秘》WWT 实验课程计划

第一讲： WWT基础篇	安排学生每1-2人一台计算机；介绍WWT实验课程目标，实验室管理办法；简单讲解WWT软件的特色，然后详细讲解其初级使用方法，如切换模式，搜索天体，查找资料，设置时间地点；播放《2012》《火星没事儿》等优秀漫游案例；让学生自由探索宇宙，熟悉地球、太阳系、星空模式，师生讨论新发现；发放红-青3D眼镜，体验立体火星，讨论3D原理及其应用。
第二讲： 我们的太阳系	播放《太阳系》漫游；在WWT中展示太阳系的组成，如太阳、八大行星、卫星，介绍每一类的特征、现有发现及观测条件；展示小行星带所处的位置，介绍流星形成的原因及常见流星雨发生的时间；展示冥王星所处的宇宙环境，组织探究冥王星降级的原因；或探讨月球环形山与地球环形山的异同及原因。
第三讲： WWT进阶篇	播放《火星》漫游；教学生如何使用WWT软件制作基于幻灯片的漫游，其中包括插入声音，添加动态字幕等；提前布置期末作业，详细说明作品要求，鼓励创新；让学生练习使用WWT制作幻灯片，随时解决学生问题。
第四讲： 可遇不可求的 天象	在WWT中展示几种常见的月相和不常见的月相，讲解月相产生的原因；播放《日全食》漫游，讨论日食形成的原因；让学生在WWT中探索月食，凌日，凌木等现象；鼓励学生在课堂上完成日环食/金星凌日的简单模拟漫游，并在课堂上展示；剩余时间让学生创作自己的漫游。



第五讲： 星座大揭秘	播放《室女座》漫游，其中包含了如何寻找室女座以及室女座中的典型亮星和趣味深空天体等内容；在WWT中展示其它黄道星座，并拓展至全天88星座；让学生探究神秘的黄道守护者—蛇夫座，然后讨论结果；讲解中国星空与西方星空的发展及各自特色；让学生探索自己星座中的趣味天体，并以游戏的方式选择学生在课堂上展示；剩余时间让学生创作自己的漫游。
第六讲： 寻星之旅	在WWT中展示地球自转与公转的现象，讲解恒星与行星视运动规律；播放《夏季星空》或《冬季星空》漫游（根据上课季节选择）；着重讲解当季星空的辨认方法，并补充讲解其它季节星空的特征；让学生探究耳熟能详的北斗七星、牛郎星、织女星、天狼星所处的位置，分别在哪个季节容易看到；考核学生自己的星座大概出现在哪个季节的什么时间什么方位。剩余时间让学生创作自己的漫游。
第七讲： 宇宙中的成员	利用WWT展示我们银河系的全景以及人们肉眼所能看到的银河，介绍银河的组成；利用“播放收藏”功能，分别介绍银河系以内和银河系以外的典型星云及其特征；以此展示和讲解宇宙中星系、星团、超新星等其它天体的形态特征，研究方法，及近期研究成果等。让学生在WWT中寻找黑洞候选体，并引申至天文观测手段，不同望远镜的科学目标。剩余时间让学生创作自己的漫游。
第八讲： 自由创作	让学生利用WWT软件完成作品。

4.3.4 教学过程

遵循混合讲-探-创的天文教学流程，教师通常在课堂上先播放《太阳系》《室女座》等优秀漫游¹⁶或用WWT演示新学习内容的上位概念为课程提供先行组织者或创设情境，结合人们的常识和生活经验讲解基本天文背景知识，调动学生的原有知识并激发其学习心向。接着教师按照教学计划和教学目标细致讲解天文知识，其中包括现象、概念、原理、研究方法等。再在恰当的时机抛出探索探究课题如冥王星降级、日食模拟、特殊的黄道星座等。学生根据问题先进行一番讨论，然后利用WWT软件的真实数据环境寻找证据，通过观察天体的形态特征、运动规律等解决问题。学生还可利用互联网直接搜索问题的相关答案，通过自主阅读维基百科、科学文献等方式学习天文知识。最后，教师以游戏或随机点名的方式邀请学生陈述自己探索的结果^[127]。每次课程最后会预留约二十分钟的时间供学生熟悉软件或创作自己的漫游作品。

教学计划中除了天文教学内容，还设有两次学习WWT软件的课程。一次是让学生学会使用WWT探索宇宙的基本方法，另一次是让学生学习创作漫游的基本技能。将WWT作为学习对象（见本研究2.3.3.1）有利于落实混合讲-探-创的天文教学。待学习完“WWT进阶篇”内容时，学生会提前得知该课程是以提交漫游作品为期末考核方式。漫游作品要求具有鲜明的天文主题；使用丰富的文字、图片、形状或录音表达自己对天文的认识，语言表达清晰，内容科学无误；背景音乐与幻灯片匹配，动画效果设置合理，幻灯片之间衔接流畅；表现形式或内容有创意者，酌情加分。每学期结束时，学生提交以“作品名-学生姓名-学号”命名的“.wtt”格式的漫游文件即可。

¹⁶ WWT优秀漫游作品网址：<http://wwt.china-vo.org/tours.htm>



4.3.5 教学效果

(1) 对漫游作品的分析

经过 2011 年至 2013 年的教学实践，新的《苍穹的奥秘》课程共收到 389 个学生期末漫游作品。教师根据本研究 3.2.5 节中表 3-2 的漫游评价量表对所有漫游采取课后评分。在评定漫游分数时同时将漫游按主题分为六大类及众多子类。它们分别为第一类：太阳系，主要介绍太阳系概览，或独立介绍金星、火星、土星等太阳系内的天体；第二类：星座，主要介绍黄道十二星座概览，或独立介绍白羊座、天蝎座、大熊座等某一个星座内容；第三类：地/月，主要介绍地球、月球或地月系统的相关知识；第四类：星空，主要介绍星云、星系等深空天体，或特殊恒星如牛郎星织女星的内容；第五类：天象模拟，主要介绍日食、行星连珠等天象的内容；第六类：其它，所有不包含在以上五类主题的漫游，例如天文学史、恒星演化、宇宙认识等内容。其分布及统计如表 4-2 所示。

表 4-2 漫游主题及评分统计

主题	A (100-90)	B (89-80)	C (79-70)	D (69-60)	E (0)	小计
太阳系	15	95	25	9	3	147
星座	13	61	16	5	2	97
地/月	11	40	19	4	1	75
星空	7	30	3	1	1	42
天象模拟	2	9	3	2	0	16
其它	5	5	0	2	0	12
小计	53	240	66	23	7	389

由上表可以看出：①75% 的学生获得了 80 分以上的成绩，说明绝大部分学生明确漫游制作要求，且能独立完成较好质量的作品。E 等的漫游作品都是涉嫌抄袭的作品，其占有率不超过总体的 2%。目前国内公开共享的漫游作品并不多，教师所收集到的学生作品也仅用于自己的教学课堂，学生并没有多少可以直接抄袭的资源。教师对网络上已共享的漫游资源非常的熟悉，若有学生抄袭，能明确指出出处，学生无可辩驳。②学生获得 80 分以下的成绩，主要是因为作品表现出的内容太少，有的甚至只知道太阳系八大行星的名称。有的漫游作品虽然有创意且内容也丰富，但是存在少量科学问题，这也是构成扣分的主要原因。如果漫游没有按要求添加背景音乐或音乐不连贯，亦或是画面不连贯影响欣赏的愉悦性，评分是会酌情减分的。③从漫游主题分布可看出，学生对太阳系中的天体最为了解，其次是星座。这跟课堂教学内容直接相关。在“其它”的类别中，有少数学生会将漫游主题延展至恒星演化、超新星爆发、天文学史等内容。这种发散思维是教师应该积极鼓励的。

分析漫游作品的内容会发现，学生会结合电视剧、电影、新闻的内容展现创意，也会在漫游中传递家乡人文、经济差异、地球环保、太空移民等认识。漫游中可以添加配音，但是这并



不是基本要求。在所有 90 分以上作品中配音作品有 41 个(77.36%) 占所有配音作品的 83.67%。对比配音作品与无配音作品后发现，相同时间内语音比文字能传达更多信息如天文知识、学生的情感态度等。配音要求学生提前写好脚本，因此表现出的语言表达能力更强。通常漫游作品的播放时间为 1-6 分钟，平均下来观看每个漫游所需的时间为 2 分 44 秒，因此这种新的考核方式并不会额外增加太多教师的评阅时间。

下面举一个 A 等作品的漫游案例，时长 5 分 22 秒，无录音，制作者是来自于笔者所在大学的城市与环境科学学院地理专业的本科生。该漫游选定的主题为“宇宙中的地球”，是我国中学生首次正规地、系统地接受有关天文知识的教学内容，它为往后的地理教学打下基础。该学生扮演教师的身份以教学课件的形式分层次讲演三个知识点：地球在宇宙中的位置，它是太阳系中的一颗普通恒星，它是存在生命的行星。漫游的逻辑结构图如图 4-4 所示。每个知识点都利用 WWT 软件中的资源直观表现，其中行星绕太阳公转的过程，以及行星轨道的共面性让人印象深刻。该漫游生动而形象，思路清晰，层次分明，文字简洁精练，观看完此漫游如同上了一堂真正的地理课。因此，从漫游的设计可以看出，学生将所学的天文知识和信息技术与自己的专业相结合，意图利用 WWT 的可视化和多视角的优势辅助地理教学，这种“学以致用”的教学成效是教师喜闻乐见的。

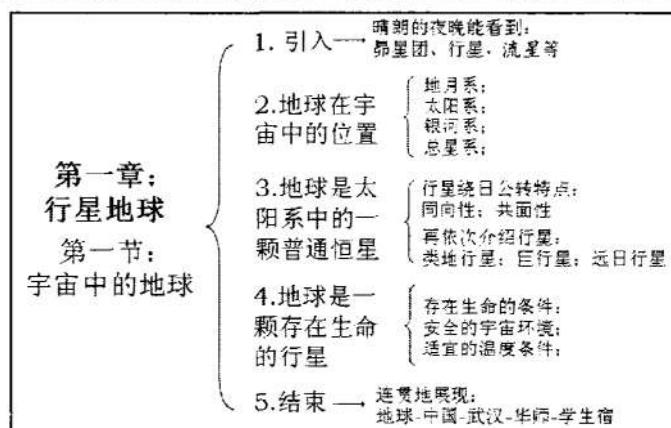


图 4-4 学生制作《宇宙中的地球》漫游的内容框架

(2) 对问卷调查的分析

《苍穹的奥秘》课程改革虽然是从 2011 年开始，但是前面的教学一直处于探索阶段，教师根据学生上课时的反映，制作漫游中遇到的问题等经验不断改进教学内容。直至 2012 年才形成较为完善的教学目标和教学计划，提出混合讲-探-创的天文教学模式。因此，在 2012 至 2013 学年度的两个学期末，学生提交期末漫游作品之后会被邀请填写一份调查问卷（见附录二）。该调查问卷目的是了解学生上过 WWT 实验课后对该课程的评价，以此反映混合讲-探-创天文教学模式的实践情况。本研究共获得 137 份调查问卷，该问卷按照李克特（Likert）量表的赋值法进行量化录入数据，并利用 SPSS 进行统计分析^[127]。

①对被试的基本统计分析

本调查为了解学生性别与专业类别是否对结果显现出差异性，因此在基本信息设置栏中只保留这两个问题，其统计分布如下表 4-3。参与本次调查的学生中，男生占有 33.6%，女生占有 62.8%，还有 3.6% 的学生并未对此问题进行回答。男女生的比例有如此大的差异源于华中师范



大学的整体性别比例接近3:7。来自于文科专业的学生占50.4%，理科类的学生占42.3%，未填写的占7.3%。经过相关性分析过程后，并未发现性别或文理科专业对学生的答题结果显示有显著性差异。这也说明，基于WWT的天文选修课不对专业和性别有限制。

表 4-3 参与调查的学生性别与专业分布

Gender			Major		
	Frequency	Percent		Frequency	Percent
Void	5	3.60%	Void	10	7.30%
Female	86	62.80%	Art	69	50.40%
Male	46	33.60%	Science	58	42.30%
Total	137	100.00%	Total	137	100.00%

②对教学中使用WWT的态度分析

表 4-4 学生对 WWT 实验课的态度

题目	5分	4分	3分	2分	1分	均值	标准差
1. 您是否喜欢WWT软件教学环节	非常喜欢	比较喜欢	一般	不太喜欢	完全不喜欢	4.14	0.621
	25.50%	64.20%	8.80%	1.50%	0%		
5. 您是否愿意向其他人推荐此课程	非常愿意	比较愿意	一般	不太愿意	完全不愿意	4.42	0.649
	50.40%	40.90%	8.80%	0%	0%		
8. 您认为，WWT软件教学在整个课程中的重要性程度	非常重要	比较重要	一般	不太重要	完全不重要	4.11	0.649
	27.00%	56.90%	16.10%	0%	0%		

表 4-4 的结果显示出 89.7% 的学生喜欢 WWT 软件教学环节，91.3% 的学生愿意向其他人推荐此课程，并说明有 WWT 软件教学内容，83.9% 的学生认为 WWT 软件教学在整个《苍穹的奥秘》课程中是重要的。学生不仅喜欢改革后的教学过程，还乐意将其推荐给同伴，这种积极地态度对新的教学模式来说是极大肯定^[127]。

③对WWT软件的调查分析

表 4-5 学生对 WWT 软件的态度

题目	5分	4分	3分	2分	1分	均值	标准差
2. 您认为学习WWT软件是否有用	非常有用	比较有用	一般	不太有用	完全没有用	3.93	0.744
	18.20%	61.30%	16.10%	3.60%	0.70%		
3. WWT软件使您对天文的兴趣	有很大提高	有一点提高	没有提高	有点降低	完全磨灭	4.42	0.565
	46.00%	50.40%	3.60%	0%	0%		
4. WWT软件促进您使用真实望远镜的想法	非常同意	比较同意	一般	不太同意	完全不同意	4.04	0.785
	30.70%	45.30%	21.90%	2.20%	0%		
9. 您对WWT软件功能的熟悉程度	非常熟悉	比较熟悉	一般	不太熟悉	完全不熟悉	3.53	0.738
	6.60%	48.20%	37.20%	8%	0%		
10. WWT软件对您认识天体的帮助程度	非常有帮助	比较有帮助	一般	不太有帮助	完全没帮助	4.26	0.585
	33.60%	59.10%	7.30%	0%	0%		

从表 4-5 的结果可见，79.5% 的学生认为 WWT 软件有用，96.4% 的学生认为 WWT 软件提高了他们对天文的兴趣，92.7% 的学生认为 WWT 软件对认识天体有帮助。由于有的专家担心 WWT 这种强大的数字星空对学生使用真实望远镜进行实地观测有消极影响，故 WWTA 在波士顿地区的教学研究对此问题进行了调查，结果是基于 WWT 软件平台的天文教学会促进学生使



用真实望远镜的想法^[18]。本研究设置第 4 题也对此进行了一番调查，结果是 76% 的大学生认为 WWT 软件促进了他们使用真实望远镜的想法，与 Goodman 等人的结论一致。然而，学生对 WWT 软件的熟悉程度并没有他们对待 WWT 软件和教学过程的态度那么积极。只有 6.6% 的学生非常熟悉，48.2% 的学生比较熟悉，45.2% 的学生处于一般和不太熟悉的状态。由此可以看出，学生对 WWT 软件的接受程度非常高，认为它对天文的兴趣、学习效果、使用真实望远镜等有很大的促进作用，但是客观的认为自己对 WWT 软件的熟悉程度还不是很高，有待进一步提升^[127]。这一结论启示教师可以在未来的教学中更注重 WWT 软件功能的讲解，有助于学生掌握更多技能，达到更好的学习效果。

④对 WWT 教学优势的调查分析

问卷第 13 题调查学生认为 WWT 软件所具备的教学优势，结果如下表 4-6：

表 4-6 学生认为 WWT 软件所具备的教学优势

Q13：您认为 WWT 软件在哪些方面体现教学优势？		A	B	C	D	E	F	G	H	Total
	Responses	形象直观	数据真实	制作漫游	操作容易	信息量大	不受影响	补偿观测	其它	
N	114	57	57	53	68	76	47	2	474	
Percent	24.10%	12.00%	12.00%	11.20%	14.30%	16.00%	9.90%	0.40%	100%	
Percent of Cases	83.20%	41.60%	41.60%	38.70%	49.60%	55.50%	34.30%	1.50%	346%	

a. Dichotomy group tabulated at value 1.

在所有选项中，83.2% 的学生选择了“形象直观”，这是对 WWT 软件平台的可视化效果最大的肯定。在学习过程中，学生能通过 WWT 看到天空中的行星、恒星及其它天体，让学生有直观的印象，帮助学习。其次学生认为“不受时空天气影响（55.5%）”和信息量大（49.6%）是次之的优势，约有一半的学生都意识到信息技术辅助天文教学中，避免了天文观测受时间、地点、天气等因素影响。而且，在学习过程中，学习者相比其它教学优势，他们更注重信息量的获取，WWT 在这方面的表现还可以。最后，学生对数据真实（41.6%）、制作漫游（41.6%）、操作容易（38.7%）、补偿观测（34.3%）等的优势认可度稍低一点，这说明只有小部分学生意识到 WWT 中真实天文数据和制作漫游的作用，而其它学生并不在意。约三分之二的学生并不认为 WWT 的操作非常容易，也不能代替观测。因此在未来的教学中可以多讲解一下如何操作 WWT 软件，尽量安排学生进行实地观测。

⑤对影响使用 WWT 因素的调查分析

由于 WWT 软件的初始化界面是全英文的，而且即使将菜单调至中文界面后，其内容也大多是英文的，因此本研究希望通过问题 14 调查学生在使用 WWT 软件的过程中是否有语言障碍，以及其它影响因素。调查结果如下表 4-7。



表 4-7 学生认为对 WWT 软件有影响的因素

Q14: 您认为在使用 WWT 软件学习的过程中, 受哪些因素影响?	A	B	C	D	E	F	Total	
	硬件	网络	语言	界面	知识	其它		
Responses	N	47	75	49	24	80	2	277
	Percent	17.00%	27.10%	17.70%	8.70%	28.90%	0.70%	100.00%
	Percent of Cases	34.30%	54.70%	35.80%	17.50%	58.40%	1.50%	202.20%

a. Dichotomy group tabulated at value 1.

从该表可知学生认为最大的学习障碍有两点, 一是知识储备(58.4%), 二是网络(54.7%)。知识储备实际上跟 WWT 软件没有直接关系, 但是能看出学生的天文基础知识太少, 不论以哪种方式学习, 它都将是学生面临的最大困难。位居第二影响因素的是网络, 因为 WWT 软件平台的海量真实天文数据并不是直接存储于个人计算机中(本研究 2.2.3 已介绍过天文数据量的庞大), 而是在使用 WWT 软件的过程中通过互联网实时调用。倘若没有网络或者网速不够快时, WWT 中的数据便无法显示, 这就直接影响使用效果。语言(35.8%)和硬件(34.3%)的影响次之, 是因为上《苍穹的奥秘》课程的学生大多为大二或大三的学生, 他们有一定的英语基础, 有的已经考过了英语四级或六级, 即使英语不好的学生也知道使用在线英语词典辅助学习。计算机偶有死机的状况也会影响学生的使用感受。因此, 从该题的调查结果可以知道, 在未来的教学过程中应接受学生基础差的现状并努力为之改善, 在装备 WWT 教学实验室时尽可能的配置高带宽以及性能好的计算机, 这也能减少软件崩溃或计算机死机的几率, 提高使用愉悦感^[127]。

⑥对期末考核方式的调查分析

本研究中应用 WWT 软件平台改革天文选修课期末考试的方式, 通过查问卷的第 16 至 20 题调查学生对以制作漫游为期末考核方式的态度, 以及在制作期末作业过程中所花的时间。16-19 题为多项选择题, 结果如下表 4-8。从中可以看出, 学生对漫游的总体态度处于中等偏上。有接近 60% 的学生在 4 个小时内就可以完成漫游作品的制作, 这个时间相对其它期末考核方式所需要投入的时间要短。一方面是因为在 WWT 软件操作如同 PPT 一样简单, 另一方面是因为平时的 WWT 实验课中, 学生可以边学习边为期末作品做准备。按照学生的投入时间与产出相比, 这种考核方式有可取之处。

表 4-8 学生对期末考核方式的态度(选择题)

题目	5分	4分	3分	2分	1分	均值	标准差
16. 您对自己漫游作品的满意程度	非常满意 6.60%	比较满意 51.80%	一般 33.60%	不太满意 7.30%	完全不满意 0.70%	3.56	0.756
17. 您是否愿意分享漫游作品	非常愿意 27.20%	比较愿意 47.80%	一般 18.40%	不太愿意 6.60%	完全不愿意 0%	3.96	0.851
18. 您花在制作该漫游作品的时间总计约	2h以内 19%	2-4h 40%	4-6h 25.50%	6-8h 8%	8h以上 7.30%	3.55	1.111
19. 您是否愿意继续创作其它漫游作品	非常愿意 14.70%	比较愿意 47.80%	一般 33.80%	不太愿意 3.70%	完全不愿意 0%	3.74	0.753

为研究学生对漫游作品满意程度的影响因素, 本研究进行了相关性分析, 发现学生对 WWT



软件功能的熟悉程度（问卷Q9）与作品满意程度非常相关（如表4-9）。这说明技术是影响学生制作作品的重要因素。

表 4-9 WWT 功能熟悉度与作品满意度的相关性分析

		Q16	Q9
Q9	Pearson Correlation Sig. (2-tailed) N	.448** 0.000 137	1 137

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

调查问卷最后一题为开放性问答，从“您对期末考核方式有哪些建议”的答案可以看出学生内心更主观的想法，如表 4-10。据统计，有 14% 的学生非常认可此考核方式；还有 4% 的学生对此考核方式给予肯定，同时也提出可改进的方式；有 10% 的学生并不否定这种方式，而是推荐通过多种方式来考核；3% 的学生直接否定这种考核方式；还有剩余 69% 的学生没有明确的倾向，但本研究认为这些学生是默认接受的态度。由此可以看出，实施这种新的考核方式能被绝大部分学生所接受^[127]。

表 4-10 学生对期末考核方式的建议

态度	比例	举例
默认	69%	无；维持现状；没有作答等等。
非常认可	14%	考核方式很满意，给了学生很大的自由、很满意，无意见；这种方式非常好，学以致用；制作漫游很好；目前考核方式挺好的，不建议单纯写论文，开卷测试之类的考试；非常合理，有平时的点名与期末的漫游相结合，省去考试环节很好；考核方式很好，不像其他选修课要写作文，可以锻炼自己动手能力等等。
认可并提出改进建议	4%	应该有一个网址，让我们发过去，比较方便；制作规定好的漫游主题；采用制作漫游的方式考核，确实可以让我们更多的了解一些天体知识，但也存在一些弊端，如：制作时，信息的来源是网络，而大家会倾向于复制粘贴，把注意力集中于文字等的动画效果上，所以，建议老师可以要求制作幻灯片时，文字必须是自己编辑的，可以用自己独特的语言风格来编辑等等。
多元考核方式	10%	其实可以结合个人兴趣，除了制作WWT漫游之外，可以个人的做做PPT介绍等，展示自己对某一领域的兴趣，也可以作为成绩；多元化：平时教我们些天文望远镜的实际知识，考试的时候可以加上；可以让同学写论文，对自己感兴趣的内容发表看法；可以让学生写一下课堂学习感受；让同学们实际地指认天上一些星星等等。
否定	3%	我觉得做试卷更有意义；个人很喜欢这个课，但实在实在是不喜欢做WWT漫游，期末考试其实更倾向于笔试天文知识或者做个presentation什么的，WWT中学到的东西不多等。

⑦其它内容的调查分析

在被试中，74.5% 的学生表示以后可能还会使用 WWT 软件，25.5% 的学生觉得不太可能再使用。在 WWT 实验课上，学生最感兴趣的内容依次是深空天体、模拟天象、太阳系天体、制作漫游以及其它。学生交流程度非常多和比较多的人数仅占 20.5%，而且在课程设置的建议中，有学生提到需要提高课堂互动性、探究时间等，这说明该课程改革还没有给予学生充分的讨论和协作的机会。然而，对课程设置建议最多的观点是增加观测课，它占总人数的 32.1%，约有一半的学生并未对此问题做出有效回答。除此之外，学生对天文软件知之甚少，只有 15.3% 的学生知道 Google Earth、Stellarium、Celestia 等其它天文软件。



4.4 教学反思

(1) 教学改革的有效性

混合讲-探-创的天文教学相比纯讲授式的天文教学实现了多方面的变革。例如，教学目标从单一知识的掌握变革到多元智能与创新，教学方法上从单一讲授变革到讲授-探索相结合，教学评价上从考试或课程论文变革到漫游作品，教学媒体从嵌入图片、视频的 PPT 变革到以海量天文数据为基础的数字宇宙环境和开放的互联网环境，教师在不失去讲授的主导地位时开放小部分课堂供学生利用信息技术进行探索学习。这些变革也使得教学实践过程难以开展严格的实验对比研究，只能实施该教学模式的行动研究。

从学生的漫游作品和问卷调查结果可以看出，学生对混合讲-探-创的天文教学过程持积极的认可的态度，不仅认为这种教学模式重要，还愿意将这样的课程推荐给同学。学生对 WWT 软件的认识也较为客观，其直观、不受时空影响、信息量大的优势使得学生对天文的兴趣和对天体的认识都有显著提高，但是学生对 WWT 功能的熟悉程度并没有太高。在学生完成的漫游作品中可以看出他们对天文知识的掌握，为制作作品而激发的创意以及综合运用信息技术的能力，除此之外还展现了语言素养、音乐审美、逻辑思维等多元智能。这些都初步证明混合讲-探-创的天文教学模式的是可行的。未来可进一步通过教学实践和严格的教学实验检验模式细节。

(2) 教学媒体的选择

混合讲-探-创的天文教学依赖信息技术与天文课程的多层次整合。在此模式中，信息技术需要展现多维多视角的“真实”数字星空，提供丰富的天文资源，搭建作品创作的平台，WWT 软件平台正是符合这些元素的首选教学媒体。其它的教学媒体可能具备此教学模式所需的部分功能，为了达到此教学模式的教学效果则必须将其它多种教学媒体进行精心地组合。不论使用哪些教学媒体，教师都必须对这些媒体有充分的认识和掌控力。否则，教学媒体会成为教师的负担，更是学生的负担。

(3) 教学内容的选择

在混合讲-探-创的天文教学模式的实践中，笔者挑选了较为基础且学生感兴趣的教学内容。一方面是培养未来基础天文教育师资，另一方面是受限于笔者的天文知识储备。在讲授阶段，经验丰富的天文教师在选择教学内容时原则上不受任何限制。除了笔者所选的天文教学内容，教师还能讲解天体的周日、周年视运动，恒星的形成和演化，银河系特征及演化，星系群与超星系团等。天文学家已经对这些天体有了较多的观测数据并将其可视化，因此教师能利用 WWT 这样基于海量天文数据的软件平台讲授和演示这些天体的分布、运动规律、物质组成和演化过程。不论内容为何，学生在接收言语信息的同时必须利用信息技术辅助相关的非言语信息，二者的有效结合与转换有助于同化更多知识并存储至长时记忆中。



探索阶段的教学内容则要经过教师的精心挑选和设计才能得以实施。因为天文学无法将研究对象直接引入教室，学生的直接经验和原有知识都非常有限，探究活动并不容易开展。目前，教师的常用做法是选择实物模型可以模拟的活动，亦或是效仿现代天文学家从事科学研究所主要方法-数据密集型的科学发现（见本研究 2.2.3）。后者是基于信息技术和海量天文数据的研究方法，也应该是大学层次的学生应该掌握的探究天文的方法。目前这样的探究活动在我国并不多见，还有待教师积极开发。在此基础上，教师在设计探究活动内容时还应遵循以下原则：①有探索的价值，即学生通过探究式学习学到知识或技能。②学生能在课内完成。混合讲-探-创的天文教学模式是适用于正式的课堂教学模式，有严格的教学任务和教学时间，因此探究活动所需的时间也需要教师严格把控。③有探索工具支持，即教师能提供支持探究过程所需的数据、计算机、网络、程序等工具。

创作阶段与教学内容之间并无直接的影响关系，但是任何教学内容都可以作为学生创作创新的基础，教师在讲授这些教学内容的时候要注重创新意识、创新思维的激发即可。除了基于 WWT 平台的漫游创作，学生也能尝试其它形式的创新，如科学研究、网页设计、模型制作等。这些对于天文选修课的教学目标而言略高，教师要结合自己课程的教学对象、教学目标、教学课时等合理选择。

（4）教学评价的多样性

在混合讲-探-创的天文教学模式实践中，本研究只通过学生的作品和问卷调查来评价学生的学习效果和教学模式的有效性。这是因为在实践初期，本研究不清楚学生对此新型期末考核方式的态度和制作漫游的时间投入，于是保守地布置了天文选修课的结课任务。通过调查结果可知，约 80% 的学生六小时内完成。在绝大多数学生对此考核方式无异议时，有 10% 的学生提出可接受多元的评价方式。因此，此教学模式可以将创作漫游作为评价方式之一，然后搭配试卷或口试的评价方式，以此加强教师对学生天文知识的考察。亦或是学生以团队合作的形式创作漫游，然后在课堂上陈述学习结果的方式实施考核，这样的方式不仅能调动学生更多的智能，也能期待学生创作出更好的作品，还能让学生参与相互评价和自我评价。

（5）教学资源的共享

经过多年的教学模式实践，本研究积累了教学课件、漫游课件、探究活动资源、学生制作的漫游作品等资源。在教学实践中，这些资源会被重复利用，而且学生制作的优秀漫游作品会在下一学期的课程上展示，有的学生非常愿意拷贝这些资源以备课后欣赏或学习。因此，本研究期望未来能搭建一个共享这些天文资源的平台。它可以作为学生讨论、提交作品的平台，也可以作为教师间相互交流、下载资源的平台。这不仅是对这些资源的充分利用，也是对混合讲-探-创的天文教学模式的极大推广。WWT 软件平台自身具备创建“社区（Community）”的功能，但是它还达不到上述交流和多种资源共享的能力。目前，WWT 已经成为开源软件，我们可以期望未来的版本能实现此目标。



第五章 基于项目的天文探究教学模式

目前国内外已对基于项目的教学模式有了充分地研究，在理论基础、操作程序、评价方式等方面都有深度论述。不仅如此，在数学^[155]、物理^[156]、化学^[157]、地理^[158]、生物^[159]、信息技术^[160]等学科的教学上还有大量实践案例，这说明基于项目的教学模式在教育中是一种非常成熟的模式。但是，我国教育研究中没有论述基于项目的教学模式应用于天文教学的相关文献。因此，根据建构天文教学模式的借鉴-创新法，本研究提出了基于项目的天文探究教学模式，实现一种成熟模式应用于新学科的创新，并成功应用于教学实践。它对未来实施此类天文项目学习有重要的参考价值。

5.1 项目学习模式

5.1.1 定义

项目就是以制作作品，并将作品推销给客户为目的，借助多种资源，并在一定时间内解决多个相互关联着的问题。基于项目的学习（Project-based Learning, PBL）又称项目学习，它是以学科的概念和原理为中心，以制作作品并将作品推销给客户为目的，在真实世界中借助多种资源开展探究活动，并在一定时间内解决一系列相互关联着的问题的一种新型的探究性学习模式^[150]。乔伊斯（Bruce Joyce）和韦尔（Marsha Weil）在论述学习模式时指出，教学模式就是学习模式^{[143]5}。因此，本研究中不区分二者，将项目学习模式称为基于项目的学习模式，也称作基于项目的教学模式。

5.1.2 理论基础

从项目学习模式的定义可以看出，基于项目的教学模式的典型特征在于其探究性。探究教学的理论是从心理学、教育学等实践研究中发展而来，融合了杜威的实用主义教育思想、布鲁纳的发现学习思想、施瓦布的学科结构观、罗杰斯的人本主义学习理论、建构主义学习理论、创新理论、多元智能等不同侧重点的理论基础。本文在阐述信息技术与天文教学整合的理论时已经初步介绍了建构主义学习理论和多元智能理论（见本研究 2.2.2.），在建构天文教学模式章节补充了发现学习理论（见本研究 3.2.1.2），这些理论基础都为基于项目的天文探究教学模式奠定理论基础，同时为该模式的实践提供理论指导。



自二十世纪中期以来，科学教育在世界范围内兴起了一轮新的改革，其核心便是“科学探究”。它源于科学家们研究自然的一种方法论，即在观察现象或数据分析中发现问题，通过查阅书刊及其他信息资源了解已有知识并提出假设，然后设计调查和研究方案，利用工具进行实验，收集数据或证据证明假设的真伪，最后得出结论，有时还能做出一定的预测，再把结论或预测分享出来的一系列复杂过程。教育领域的学者提倡在科学教学过程中让学习者经历科学家进行科学探究的相似过程，于是诞生了探究性学习。

我国自 20 世纪 70 年代开始引入探究性学习理念并逐步推广，20 年后已达大面积的应用。目前，我国《基础教育课程改革纲要（试行）》提出的改革目标之一为改变课程实施过于强调接受学习、死记硬背、机械训练的现状，倡导学生主动参与、乐于探究、勤于动手，培养学生搜集和处理信息的能力、获取新知识的能力、分析和解决问题的能力以及交流与合作的能力^[187]。教育部颁布的各门科学学科的课程标准中也要求开展以探究为核心的教学，例如《新版义务教育地理课程标准》（2011 年版）和《全日制义务教育物理课程标准》。因我国基础教育中没有天文学科，但是其内容包含在地理和物理学科中。因此，天文教师可参考这两个学科的标准实施探究教学。

探究性教学不同于其它教学方法，它具有以下基本特征：①以学生为中心。以讲授式教学为例，它的主体为教师，学生学到的知识与技能完全依赖教师的讲解，是一种被动的学习。而探究教学中，学生是主体，教师起主导作用，学生要自己尝试寻找问题的解决方案，自己进行实验，自己总结，是一种主动的学习；②以培养科学素养为目的。科学素养是指个体在生活中遇到问题时应用科学知识和科学思维方式做出明智决策的能力。探究教学不单注重科学知识，还注重教授获取知识的方法，知识在生活中的应用，科学的思维方式，科学创新的途径等等以培养学习者的科学素养；③以解决问题为动力。探究教学都会因学习者自身已有的科学知识与经验不足以解释当前客观现象或问题而产生认知冲突，正是这个认知冲突促进了学习者产生探索的愿望，引发其进行科学探究的行动。④以原有知识为基础建构。科学探究是一种主动建构的活动，在获得知识的过程中必须是在原有知识上进行建构。⑤以过程报告为评价。科学探究是一个过程，要评价学习者理解了哪些概念，是否成功设计并实施计划，是否灵活运用资源需要进行形成性评价和学生的自我评价，单靠终结性评价是难以了解学生的全面收获。

项目学习模式区别于其它探究性教学的重要特征是它必须有作品产出，以此展示参与者在项目学习中所获得的知识和掌握的技能。作品的形式有调查报告、实物模型、软件程序、视频短片等。在参与探究和制作作品的过程中，学生需要借助多种资源，调动沟通能力、观察能力、计算能力、推理能力、空间想象能力、音乐欣赏能力等诸多智能，这些不同才智的组合体现了个体的真正智力。基于项目的教学模式就是一种能够达到培养自主探究能力、解决问题能力、表达能力、团队合作能力、运用各种工具的能力以及创新能力等多种目的的教育方式^[188]。大学作为更开放自由、为科研输送人才的教学层次，培养学生的探究能力尤为重要，这也是国家和



高校共同鼓励大学生参与科研立项、创新实验等项目的原因。

天文学作为基础科学之一，是典型的理科类教学内容。天文学家在研究宇宙的漫长过程中积累了丰富的经验和方法。例如通过可视化天文数据寻找其中的规律，将不同波段的观测图进行交叉对比寻找新的发现，先提出理论模型再用观测数据进行验证等。本研究将以可视化中国古星图的研究性学习案例阐述基于项目学习的天文教学模式，一方面证实其可行性，另一方面通过实例体现天文项目学习中的发现学习理论、建构主义理论以及多元智能理论的重要思想。

5.1.3 特征与优势

项目学习模式是一种探究性学习模式，兼有探究学习的特征，也具备实施项目的鲜明特征。这二者的结合在教学过程中体现出独特的优势。以下是祝智庭等人归纳的项目学习模式的特征与优势^{[147],166-167}，如表 5-1 所列。虽然这些是项目学习模式的共性特征与优势，但是天文学是一门不直观、无交互、观测困难、以讲授为主的基础学科，它离人们的现实生活较为遥远，难以开展探究、协作、创新活动，因此相比其它学科，项目学习模式的特征与优势在天文教学中会显得更为突出且有意义。

表 5-1 项目学习模式的特征与优势

特征	优势
<p>1. 有一个来源于现实生活的、激发性的、多种学科交叉的问题，构成项目，用来组织和激发学习活动</p> <p>2. 在交流/讨论的基础上，需要制作一个/一系列的最终作品</p> <p>3. 解决该问题需要运用多种学科交叉的知识</p> <p>4. 强调学习活动中的师生及相关人员的合作，形成“学习共同体”</p> <p>5. 学习具有一定的社会效益，作品—包括学习过程的文献资料以及学生的最终作品都能够与老师、家长以及商业团体进行交流和分享，甚至可以提供给商家在市面上销售</p> <p>6. 学习是在现实生活中进行探究，并在探究的过程中，获得学科知识的核心概念和原理，从而掌握一定的技能</p> <p>7. 学习过程中需运用到多种认知工具和信息资源</p>	<p>1. 能够充分发挥学生的自主性</p> <p>2. 强调多种学科知识的交叉</p> <p>3. 强调学习与现实生活的联系</p> <p>4. 利于协作精神的培养</p> <p>5. 利于创新精神的培养</p> <p>6. 利于动手能力和解决实际问题的能力培养</p> <p>7. 利于学生掌握学习的方法，学会学习</p>

在天文教学中应用基于项目的教学模式，不仅具备以上项目学习的基本特征与优势，它还是一种非常适合在我国当前教育结构中开展天文教学的模式。本研究 2.1.2 节已对我国天文教育按不同层次进行了详细介绍，由此可知我国中小学并无正式的天文学课程，教师多以天文社团、校本课程的形式开展天文教育。基于项目的天文探究教学模式是一个长期的、开放的、自由的教学过程，它不要求教师占用正式课堂教学时间，不需要设定课时和系统的教学内容，恰好适应天文社团或校本课程这样的教学组织形式。教师只需要寻找对天文感兴趣并自愿加入项目学习小组的学生，学生则利用课余时间实施探究，最终完成项目即可。我国高校中，不论是天文专业或非天文专业的大学生都缺乏严格的科学研究训练，再加上传统的天文教学限于讲授式教



学，不直观、无交互的课堂让学生听起来枯燥乏味，这种基于项目的天文探究教学模式可以吸引学生积极参与，学到知识的同时还获得了科研训练的经历。

5.1.4 要素与流程

(1) 构成要素

基于项目的学习主要由内容、活动、情境和结果四大要素构成：

①内容：是现实生活和真实情境中表现出来的各种复杂的、非预测性的、多学科知识交叉的问题。在内容的设定上强调知识的完整性与系统性，不仅需要具有探究的意义，还得让学生有能力完成。

②活动：是指学生采用一定的技术工具（如计算机）和研究方法（如模型模拟）解决所面临的问题所采取的探究行动。学生在活动中不断经历遇到问题解决问题的循环，在此过程中促使自身调动多元智能，利用工具、人际关系、文献资料等资源实施探究，实现知识的建构。它能促进学习者像专家一样从接受任务到处理任务直至完成任务，提高学生的知识与技能水平。传统的天文教育在此方面非常的匮乏，因为天文的研究对象不具备直接操作性，即使有观测活动也受天气、光污染等因素的极大限制。在本研究中利用信息技术如 WWT 就能弥补这一不可缺失的元素。

③情境：是指支持学生进行探究学习的环境，这种情境既可以是物质实体的学习环境，也可以是借助信息技术所形成的虚拟环境。学生之间的合作，学生与教师之间的沟通，学生与信息技术的相互作用都属于情境范畴。良好的情境能为学生创造探索、合作、创造的学习氛围，促进其完成项目内容，掌握新的知识与技能，易于知识的建构。在创设天文的教学情境中，信息技术所展现的数字星空能让学生有极大的融入感。

④结果：是指在学习过程中学习结束时学生通过探究活动所学会的知识或技能。教育的核心目的就是为了让学生获得更多知识与技能，这种结果可以通过评价方式进行检验。基于项目的教学的特征之一是有一个或一系列作品的输出，它可以作为探究活动的结果之一，但它并不是全部。对于项目式学习中可能调动的合作技能、生活技能、信息搜集能力、数据处理能力等多元智能应采用多元多层次的评价。与以往展现天文教学成果的考卷、论文、报告、陈述不同，WWT 这类天文信息技术为学生创作、展示、交流提供新的方式，其成果在天文教学、科学传播都能发挥长久而广泛的作用。

(2) 操作流程

基于项目的学习主要由选定项目、制定计划、活动探究、作品制作、成果交流和活动评价这六个阶段组成（如下图 5-1 所示）。每个阶段的具体内容已在本研究 3.2.3 节中详细介绍，在此便不再复述。



图 5-1 项目学习模式的操作流程

WWT 软件平台在此教学模式的活动探究环节起到了提供信息资源(本研究 2.3.3.4)和研发工具(本研究 2.3.3.6)的作用,在作品制作环节起到了信息加工与知识建构工具(本研究 2.3.3.5)的作用,在成果交流环节起到了演示工具(本研究 2.3.3.2)的作用。它在本研究中是实践基于项目的天文教学模式不可或缺的一部分。

5.1.5 实现条件

由于项目教学模式是一种成熟的教学模式,前文已陈述了基于项目的天文探究教学模式所通用的理论基础、特征与优势、构成要素、操作程序等内容,下面将结合天文学科的特色介绍基于项目的天文探究教学模式的实现条件,也可参考本研究 3.2.4 节中的说明。

表 5-2 基于项目的天文探究教学模式的实现条件

模式阶段	内容	教师	学生	媒体
选定项目	要具备探究意义,一段段时间内能完成	要考虑项目的意义、可行性和培养的能力等	要根据兴趣及先验知识进行选择	Word、多媒体设备
制定计划	要促进学习者搜集信息,利用信息技术解决问题,有可行性	能通过 email、QQ 等方式发布消息,提供指导,组织小组讨论	会搜集并保存信息;会获取、处理数据;会总结陈述;	互联网、Word、Excel、email、QQ
活动探究	要有实践意义、有难度、方式多样	能通过 email、QQ 等方式发布消息,提供指导,组织小组讨论	会可视化;会设置图层;会检验成果;会总结陈述;	Excel、WWT、email、QQ
制作作品	要能满足学生表达所学知识与技能的作品形式	能通过 email、QQ 等方式发布消息,提供指导,组织小组讨论	会制作漫游;会剪辑录音;会处理图像;会总结陈述;	WWT、QQ、email、GoldWave、音乐播放器、Photoshop 等
成果交流	要能将作品表达出来,相互交流	要组织项目结题	会总结陈述;	WWT、QQ、多媒体设备
活动评价	要客观地、全方位的评价过程与结果	要考察学生的学习情况、作品的	能反思学习过程、同伴合作等	WWT、QQ、多媒体设备

(1) 项目选题要合理

项目选题是基于项目的天文探究教学模式的要素之一,也是操作程序中的第一步。因此,一个项目选题的好坏很大程度决定了基于项目的天文探究教学的效果。为达到选题的合理性,设定项目时需要遵循以下几点原则:

①紧密联系生活。项目学习的内容是现实生活和真实情境中表现出来的问题,这样容易激发人们的探索欲望。虽然天文学所研究的内容不直观,离人们的日常生活遥远,但实际上它比人们想象的更贴近生活。例如地球上的人所观察到的日月星辰都是东升西落,不通过一些研究



手段，我们并不知道地球在自西向东自转或者地球是绕着太阳公转的。再例如，人们现在在地球上安居乐业，但这并不是永恒不变的，当太阳燃烧殆尽之后，人类将何去何从？这一问题可以引发出太阳的寿命、行星生命、太空移民等系列天文探究课题。对于许多不直观的天文现象，人们也可以利用日常生活中的现象或模型来解释其基本原理，例如宇宙膨胀模型与气球膨胀相对应，引力波与水波相对应，地球岁差效应与陀螺旋转相对应等。

②有探究价值。基于项目的天文探究教学模式的核心在于探究，其探究价值意味着学生能够利用已学的多学科知识实施探究，能通过活动解决系列问题，能调动多元智能，最终通过完成的作品和学到新知识技能体现出项目学习的价值。现代天文学上热门的研究课题有黑洞、超新星、脉冲星、引力透镜、暗物质与暗能量等。

③学生能完成。在设定项目的难易程度时，首先要保证学生基于其认知程度及原有知识能将项目在一段时间内完成。超出学生能力范围的课题对学生而言难度太大，学生在探究过程中进度会很慢，导致逐渐丧失信心与兴趣，最后完成不了课题会让学生产生挫败感，这样的项目学习起不到积极的作用。为实施完整的基于项目的天文探究教学，学生参与的项目课题都应该进入到制作作品的阶段。例如对于非天文专业的学生很难算出黑洞的引力场，但是绘制恒星的光谱类型与光度之间的关系图则是可完成的任务。

④有挑战性。虽然项目的难易程度首先要保证其完成性，但是过于简单的项目无法促进学生去探索，无法让学生获得新的知识与技能。因此项目需要具有一定的挑战性，在学生利用原有知识的基础上，学习新工具新方法以完成项目，这正是学生自主建构知识的过程。本研究中“探究中国古星图”的案例为学生设置了系列障碍，从搜索信息的局限性，到获取恒星数据，再到编写函数将其可视化，最后还要利用 WWT 软件做成漫游作品。这系列操作对于学生而言前所未有，但是在完成这挑战性的项目后，学生获得了很大的成就感，同时学到了许多新的知识和技能。

（2）教师起管理与辅助的作用

基于项目的天文探究教学模式是以学生为绝对的主体，教师在整个教学实施的过程中参与度并不高，但是教师的角色非常重要，他的主导作用体现在对项目的管理和对学生的辅助上。对项目的管理是指教师拟定项目课题，组织学生参与，组织讨论，对活动进行评价等工作。对学生的辅助是指教师为学生提供知识、技能、方法、资金、设备等方面的支持。教师不能告诉学生如何制定计划，如何实施探究，更不能代替学生制作作品。教师只能在学生寻求帮助时提供相应的帮助，在发现学生偏离课题时及时引导回正题即可。过多的帮助只会让学生丧失探究能力，对教师形成依赖性，达不到基于项目的天文探究教学的效果。

（3）学生要积极主动

探究教学本身是一种以学生为主体，教师为主导的教学模式。基于项目的天文探究教学模式更是需要学生对项目有兴趣，自愿参与课题，自主实施探索。在整个操作程序中，选定项目、



制定计划、活动探究、作品制作、成果交流都是学生的工作，在活动评价环节有教师的参与，也有学生的参与。学生只有积极主动的参与并完成一个学习阶段，才能顺利进入下一个学习阶段。例如学生在搜集天文数据后才能对编写可视化函数，在学会 WWT 软件后才能对数据进行可视化并制作漫游。若学生没有学习心向，他便会逐渐止步于基于项目的天文探究教学的前三个环节。教师要特别提醒学生，当他们遇到困难时，一定要及时向老师或同学求助，避免学生半途而废。

(4) 信息技术的有效整合

在天文探究教学中除传统的实物模拟以外，信息技术是最有效的探究工具。天文学家利用软件平台或数值模拟工具进行科学发现，天文教师同样应该培养学生利用信息技术进行天文探索。本研究的 2.3.3 节已详细陈述了 WWT 与天文教学整合的方式。在基于项目的天文探究教学模式中，WWT 能在活动探究、作品制作、成果交流等阶段起到重要作用。除此之外，教师还可利用聊天工具、多媒体设备管理项目或辅助学生学习。学生在参与项目的过程中，要充分利用已学的信息技术如办公软件、电子邮箱、交流工具等进行项目学习，还要积极学习新的技术如天文数据可视化、图层管理、漫游制作等以促进新知识的建构。

5.1.6 评价方式

基于项目的天文探究教学是一个以学生为主体，调动多元智能的探究性教学模式。其评价方式按评价时间顺序可分为诊断性评价、形成性评价和总结性评价，通过教师对学生的评价，学生的互评以及自评实现。

表 5-3 项目学习模式中的三种评价方式

	实施时间	评价目的	评价方法
诊断性评价	教学之前	了解学生的学情	访谈、观察、测验
形成性评价	教学过程中	了解学生的学习进度及困难，给予适时的指导及帮助	测验、作业、观察、阶段性作品
总结性评价	教学之后	检验学生的学习效果，改进教学模式	最终作品、测验

(1) 诊断性评价

诊断性评价是为了了解学生学习的准备情况而设置的评价。在基于项目的天文探究教学开始前，可以通过访谈、观察、测验等方式了解学生是否对即将参与的天文探究项目感兴趣、原有知识水平、信息技术掌握情况、学习困难等。多年从教的教师因教学经验丰富，了解学生学情而跳过此评价方式。建议初次实施基于项目的天文探究教学模式的教师不要省略此步。

(2) 形成性评价

形成性评价是为了了解学生参与教学活动情况而设置的阶段性评价。在实施基于项目的天文探究教学过程中，教师可以通过小测验、作业、观察等方式了解学生参与项目的进程、探究



活动中遇到的问题、制作作品的情况等。这对开展行动研究非常有意义，因为形成性评价的结果能够帮助教师及时调整和改善教学工作，还能及时反馈和帮助到学生的学习活动。形成性评价可以比较频繁，教师在基于项目的天文探究教学的六个阶段末期都能设置一个评估，在探究活动环节还能多次组织小组讨论，让学生互评或自评，通过这些评价获取提高教学质量的有用信息。形成性评价的内容可以突破单一书面式的知识考核，在基于项目的天文探究教学中还要注重学生的自学能力、协作能力、创新能力、动手能力、解决问题的能力及其它综合素质的考察。

(3) 终结性评价

终结性评价又称事后评价，一般是在教学活动告一段落时为把握最终的活动成果而进行的评价。在基于项目的天文探究教学模式中，最后阶段的活动评价就属于总结性评价。教师可以通过评定学生的作品对学生参与项目学习进行全面的鉴定，也可对其所有参与者进行等级区分。教师还能通过问卷调查、访谈等形式对整个教学模式的有效性进行评定，从而促进教学模式的改进和完善。

5.2 案例：探究中国古星图

我国古代天文历史悠久，有许多与之相关的发明与发现。而且我国很早就形成了一套完整的中国星图，历代由观象家进行修改。我国较为统一的体系为三垣二十八宿。但自国际天文联合会统一了星空划分图，形成现在人们常用的 88 星座图后，我国自己的星座体系逐渐被淡忘。殊不知这里面蕴藏了中国的传统文化，中国古人的智慧。本研究希望利用基于项目的天文探究教学模式让学生了解中国星空，学习更多天文知识，提高对天文的兴趣，同时通过 WWT 这样的软件平台，培养处理数据、科学研究等技能^[29]。它如同国家大学生创新性实验计划项目一样，以项目为载体，调动学生学习的主动性、积极性和创造性，激发学生的创新思维和创新意识，掌握思考问题，解决问题的方法，提高创新能力和实践能力。该项目首次尝试将中国星图在现代星图中可视化，形成一种可交互的数字星空资源。该项目还要求学生通过漫游表现他们自己对中国星空的理解，该资源有利于推广中国星空，也能成为未来天文教学中讲解中国古星图时不可多得的教学资源。

5.2.1 教学对象分析

参与本课题研究的 23 名学生均是来自于笔者所在大学的物理学院大三本科生。在此之前，仅有位学生参加过科研立项，其余学生都没有经历过基于项目的学习。这些学生自愿加入项目组，利用课余时间探究中国古星图。他们的主动性是来源于他们对天文学的兴趣，且希望在



大学期间获得科研经历。大三的学生已经学了大部分的物理学科专业课，有的选修了《天文学》《天体物理》等相关专业课，因此一定程度上有现代天文学知识背景。然而，他们对中国星空仅限于牛郎织女的神话传说，北斗七星的位置，知道天狼星、老人星这些名称而已，并不了解中国星座体系，星座由来，中国古天文在科学史上的贡献等内容。因此该课题激发了他们的好奇心。这些学生基本上都有自己的电脑，能熟练使用计算机和 Excel 表格，但在参加项目前并未使用过天文软件包括 WorldWide Telescope，更不知道如何利用 WWT 软件进行数据的可视化和创作漫游。

5.2.2 教学实施过程

根据本研究 3.2.3 节基于项目的学习实施步骤，以及参与该项目训练的一位学生写下的关于“WWT 再现中国古星图”经验总结（见附录三）逐步介绍探究中国古星图项目的教学实施过程。

(1) 选定项目

中国星空中较完整的体系为三垣二十八宿。其中三垣是指紫微垣、太微垣、天市垣。二十八宿可分为东南西北四象，每象七宿：东方苍龙-角亢氐房心尾箕；北方玄武-斗牛女虚危室壁；西方白虎-奎娄胃昴毕觜参；南方朱雀-井鬼柳星张翼轸。学生首先进行自由分组，每二至三人一组。然后以小组为单位，自愿选择紫微垣、太微垣、天市垣中的一垣或二十八宿中的一至二个星宿进行探究，要求在 WWT 软件中将星宿进行可视化，了解该星宿在古代星座中的含义，该星区中的天体有哪些相关研究等知识，最终以 WWT 漫游的形式汇报成果。

(2) 制定计划

①通过阅读书籍、网上查找资料，了解星宿的名称、位置，其中包含哪些星。如下图 5-2 的天市垣与参宿^[189]。

②通过资料找到中国星宿中的恒星对应的现代名称及坐标。可参考伊世同所著的《中西对照恒星图表》^[190]等书籍。

③学会使用 WWT 软件，调出“寻星镜显示器”，获取星宿中各星点的赤经、赤纬、星等数据，将数据输入 Excel 表格中并保存。

④整理数据并形成规范的表格，如图 5-3。

⑤学习编辑连线函数，并在 WWT 软件中可视化。如 Linestring(赤经 1 赤纬 1,赤经 2 赤纬 2,赤经 3 赤纬 3)依次连接星 1 星 2 星 3。

⑥将可视化的星点及连线造型与资料进行比对，检查并纠正。

⑦根据已搜集的资料编写漫游脚本，并录音。

⑧学会使用 WWT 软件制作漫游，完成成果展示。

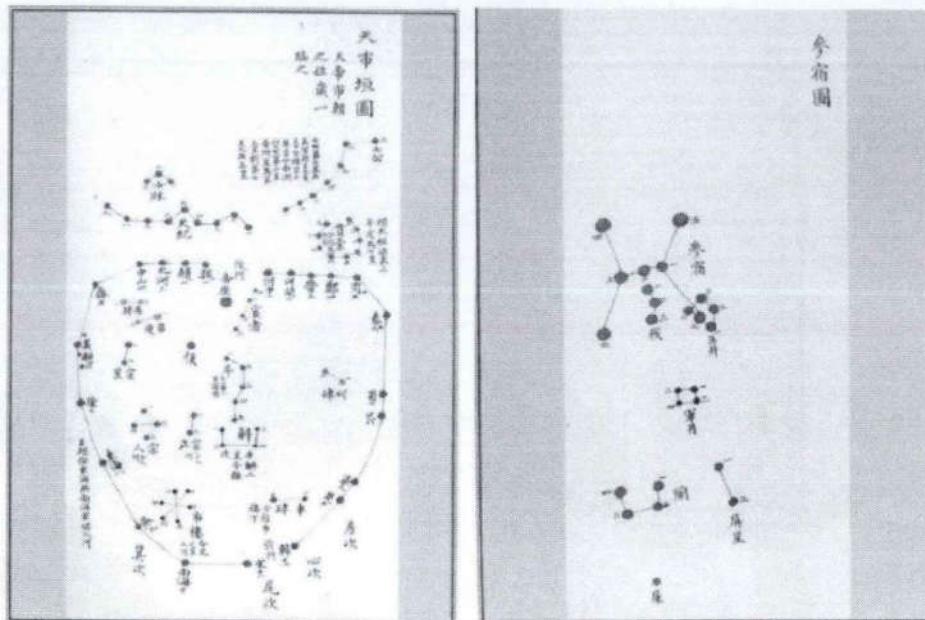


图 5-2 中国古星图之天市垣、参宿

A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	星座名	星点中文名/西名	查找名		赤经	赤纬	星等	
2			name		RA	Dec	Magnitude	Color
3	奎宿一	仙女座η	Eta Andromedae	14.3	23.4175	4.42	90%yellow	
4	奎宿二	仙女座ζ	Zeta Andromedae	11.833333	24.267222	4.06	90%yellow	
5	奎宿三	双鱼座δ5	65 Piscium	12.466667	27.710833	7	90%yellow	
6	奎宿四	仙女座ε	Epsilon Andromedae	9.6375	29.311667	4.37	90%yellow	
7	奎宿五	仙女座δ	Delta Andromedae	9.8291667	30.860833	3.27	90%yellow	
8	奎宿六	仙女座π	Pi Andromedae	9.2166667	33.719444	4.36	90%yellow	
9	奎宿七	仙女座ν	Nu Andromedae	12.45	41.078889	4.53	90%yellow	
10	奎宿八	仙女座μ	Mu Andromedae	14.1875	38.499444	3.87	90%yellow	
11	奎宿九	仙女座β	Beta Andromedae	17.429167	35.620556	2.06	90%yellow	
12	奎宿十	双鱼座δ2	82 Piscium	17.775	31.424722	5.16	90%yellow	
13	奎宿十一	双鱼座τ	Tau Piscium	17.9125	30.089722	4.51	90%yellow	
14	奎宿十二	双鱼座η1	91 Piscium	20.279167	28.738056	5.23	90%yellow	
15	奎宿十三	双鱼座ν	Upsilon Piscium	19.866667	27.264167	4.76	90%yellow	
16	奎宿十四	双鱼座φ	Phi Piscium	18.433333	24.583611	4.65	90%yellow	
17	奎宿十五	双鱼座χ	Chi Piscium	17.8625	21.034722	4.66	90%yellow	
18	奎宿十六	双鱼座ψ1	Psil Piscium	16.416667	21.473333	5.34	90%yellow	
19	王良一	仙后β	Beta Cassiopeiae	2.2916667	59.149722	2.27	90%yellow	
20	王良二	仙后κ	Kappa Cassiopeiae	8.25	62.931667	4.16	90%yellow	

图 5-3 中国古星图数据表格样例

(3) 活动探究

每个小组在选定项目题目后，指导教师便创建 QQ 群，并通知每两周开一次组会。组会上报告每个小组的工作进展，经验总结，提出自己遇到的困难并讨论解决。以下是该项目进行过程中，学生遇到过的问题和解决方案：

①关于中国古星图的资料非常少。学生尝试过到校图书馆，物理学院图书借阅室寻找有关资料，但收获非常少。而在天体物理研究所的老师那里能找到几本。在网络上的资料相对多点，学生自己也会怀疑它们的可信度。



②中国古星图的演变。学生在搜集资料的过程中发现，即使是三垣二十八宿的星座体系，不同朝代的星宿图也有所不同，学生对此进行了一番讨论。最终因宋代的天文成就丰富，且星表和星图较为完整，进而确定统一可视化宋代的星空图。

③中西星点对应不上。为了将中国星图中的每一点与 WWT 软件中的星点对应上，学生们参考多个版本的中西星表对照图，发现有的中国星图中的星点在西方星表中缺失，有的在其他星表中有对应。因此，学生就此问题也进行过长时间的讨论。主要是因中国古星图一直以手绘版流传，星宿图样本身就不精确。再加上宇宙膨胀、太阳系运动、星体亮度变化或运动等因素，中国古星图不可能在现代星图中百分百的还原。

④星座连线不显示等技术问题。例如待学生找到星点想要在 WWT 软件中可视化出来时，发现无论如何也无法显示，经过多次尝试也无果。后来其它同学也帮忙检查，发现连线函数中的括号及逗号等标点符号用的中式符号，而没有用美式符号。纠正错误后，学生顺利将星点连线可视化出来了。

⑤数据的最佳存放形式。学生在可视化过程中发现，选择所有数据进行可视化时，所有连线或星点在 WWT 中以一个图层显示。但是这样不便于逐个介绍星宿，因此他们还需要逐个可视化每个星宿，将一个星宿的数据存放在一个工作表中，并对此工作表进行命名，以便后期查找。如图 5-3 中，学生可视化奎宿中的所有星点和星座连线后，还对奎宿中的每个星官“王良”“阁道”“外屏”等建立数据工作表，为的是在 WWT 中可视化后以不同的图层显示。学生还对星点和连线的颜色和效果进行设置，以达到最佳的可视化效果。

(4) 作品制作

学生对中国星宿的认识可以以 WWT 漫游的形式表现，一方面中国星宿已借助 WWT 平台得以可视化，另一方面 WWT 的真实科学数据环境和制作基于幻灯片的漫游等特色都使其成为一个展示作品的好方式。学生在制作漫游作品的过程中，需要如同添加幻灯片一样一张张设计展示的内容，可以添加文字、图片、形状等内容辅助展示。不仅如此，漫游作品还能添加背景音乐和录音，而录音都是由学生自己录制和剪辑的。为了获得较好的录音效果，学生一般会在此之前编写好漫游脚本，这对漫游制作过程也是很好的参考。学生做好录音文件后，添加至漫游中，调整漫游时间使声音与画面匹配，直至完成作品。该部分内容亦可参见附录三的第二部分：制作 WWT 中国古代星空漫游——“天市垣”。

(5) 成果交流

在最后一次组会上，各个小组依次播放自己的漫游作品，组员之间可以互评，教师也对此进行点评。点评的内容包括内容的科学性、丰富性、趣味性，漫游画面的美观、和谐、与录音的匹配度等等，好的方面鼓励大家学习，不足的方面让大家尽量规避。学生在听取同学和老师的评论之后，又对自己的作品做了进一步的改进，完善文字脚本，重新录制声音，修改漫游画面，最终获得一个满意的版本提交给老师。

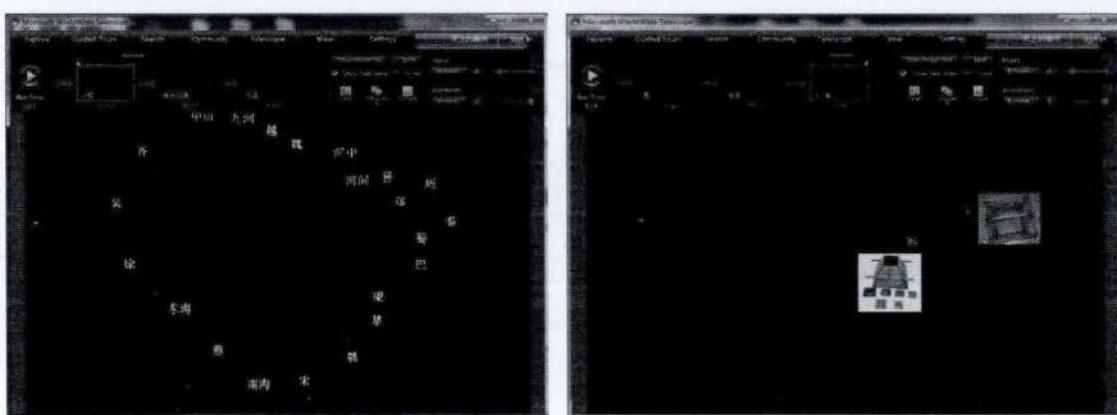


图 5-4 “天上的街市”漫游截图

图 5-4 是两位学生合作完成的“天上的街市”漫游截图，以下是教师对该漫游的点评：

该漫游首先通过对星空的理解引入主题-天市垣，然后介绍天市垣星区在现代星空系统中的位置，接着逐一介绍星官的位置、由来以及相关故事、典故等，其中解释星官“侯”和“帝座”之间星等关系的部分让人有恍然大悟之感，其它星官的介绍也都有借助图片文字等进行阐述，让人们感受到了天市垣如同集市般热闹非凡。最后引用郭沫若的诗句结束天市垣的漫游，节奏缓慢而轻盈，表达出一种对天市垣的流连忘返之情。

5.3 教学评价



图 5-5 学生完成基于项目的学习成果

23 位大三学生在历时约一学期的时间内，利用课余时间对“中国古星图”进行基于项目的天文探究学习。学生分小组合作找到宋代三垣二十八宿体系中的 228 个星官和 1049 颗恒星的数据¹⁷存储于 Excel 数据表格中，利用 WWT Excel add-in 工具将其进行可视化，并制作了 13 个基

¹⁷ 并非完整的三垣二十八宿数据



于 WWT 的漫游（如图 5-5）。这些漫游的主题分别为天市垣、角宿、亢宿、氐宿、房宿、女宿、危宿、壁宿、觜宿、参宿、鬼宿、星宿、軫宿。

项目结束后为了深度了解学生参与项目的感受，笔者选择了访谈的方式进行调查（访谈提纲见附录四），但由于访谈者与被访者所处地域不同的原因，本研究的访谈不是面对面而是在 QQ 聊天工具上进行的，因此访谈记录为 QQ 聊天记录。通过对 20 位访谈者的访谈记录分析，漫游作品的分析以及学习过程中的观察分析，本案例研究可以得出以下结论：

（1）学生学习到中国星空知识，增进他们对中国文化的认同感。

每一个漫游的内容都是学生学习有关中国星空知识的体现。分析漫游作品可以看出，学生学习了中国星空的划分，星官名称的含义，在星空中的位置，有的还涉及现代天文的研究成果。学生了解到中国的星官也有许多故事蕴藏其中，与西方的希腊神话一样精彩。大多学生都能说出中国星空与西方星空的不同点，且让他们感触最深的是中国“天人合一”的思想。了解中国星空之后，学生对中国文化了解更多，更有认同感。

下面是学生被问及“中西星空有何差异？”时的回答：

“西方星空感觉像是象形的，基本是神话故事。而东方星空很多跟实际生活关系比较大。另外，我感觉东方星空体系对星星的划分更具体、有规划。比如说东方星空体系里还有表示天上街市的区域。另外，我所做的壁宿是天上的图书馆；还有诸如坟墓、天线等等。好像绘制出一幅天上居民生活的场景”——学生 O¹⁸

下面是学生被问及“是否希望更多人了解中国星空？”时的回答：

“希望，让世界了解中国文化”——学生 H

“这是人类进步的一个象征和历史的脚印…古人是有智慧的…这种智慧希望得到延续而不是淡忘”——学生 J

“当然了，自己的祖先描绘的很能反应当时社会风气的这么好的东西当然要推广下去了。尤其是现在很多人的视野只局限在西方天区星座的认识上。另外对历史学有帮助。还激发了我对天文学的浓厚兴趣”——学生 P

（2）基于项目的天文探究教学让学生学会科学探究。

在 20 位被访者中，仅有 1 位同学曾参与“二氧化钛的制作和应用”的物化实验项目，其余的 19 位同学均未参与过这类基于项目的学习。他们从获得项目课题开始便进入了一种自主探究的模式。教师在整个探究过程中只起到项目管理、顾问、专家点评的作用，其余的过程是学生在时间的磨砺下反复摸索出来的。

¹⁸ 为保护学生个人信息，遂将学生按访谈先后顺序编号为 A-T.



通过学生描述项目实施的过程可知，大多数学生非常明确自己的目标。在任务的驱动下，学生遇到的首要问题就是寻找资料，他们会通过网络、图书馆等渠道收集信息。在遇到技术性问题、知识性问题、理解性问题时，他们首先是在自己的反复思考和试验解决一部分，解决不了的就会向同学、助教、教师寻求帮助。学生会通过 QQ 群、电话、邮件等方式与他人沟通，或者在小组会议上主动提出问题，积极参与教师与同学之间的讨论，最终获得解决方案。当他们解决了问题后，会继续将项目推进，倘若遇到新的问题再用同样的科学探究的方法进行解决。有的问题没办法解决时，会通过一定方式进行标注，以待未来找到解决途径再来处理。总之，在项目完成后，大多数学生非常清楚自己在整个项目中做了哪些事情，遇到哪些困难，如何解决困难，最终从项目中学习到了什么。但是，也有少部分学生坦诚表明自己参与项目的主动性不高，遇到困难就想要放弃，他们所获得的科学探究能力也相对弱些。

(3) 此项目提高了学生对古代天文和现代天文的兴趣。

完成整个中国星图的可视化以及 WWT 漫游制作的过程，使得学生一直在现代科学包括现代天文学上构建知识的情况下将知识拓展至古代天文。那么经过基于项目的学习后，学生对古代天文和现代天文的兴趣是否有提高呢？本研究在访谈中以李克特量表的形式向 20 位被访者给出以下两个陈述“该项目提升了我对古代天文的兴趣”“该项目提升了我对现代天文的兴趣”，要求被试根据自己的经历和体验对此描述进行评分，1 分表示完全不同意，3 分表示中立，5 分表示完全同意。图 5-6 是根据访谈者的顺序依次给出的评分，蓝色菱形块表示对古代天文的态度，红色方形块表示对现代天文的态度。由此看出，所有学生对“提升对古代天文的兴趣”的态度都优于或相同于“提升对现代天文的兴趣”。经计算，85% 的学生非常肯定地（评分为 5）认为该项目经历提升了他对古代天文的兴趣。50% 的学生认为有提升对现代天文的兴趣（评分大于 3），但程度不一。学生认为提升古代天文兴趣的均值为 4.75，其肯定程度非常高。学生认为提升现代天文兴趣的均值为 3.8，总体上说明兴趣程度略有提升。

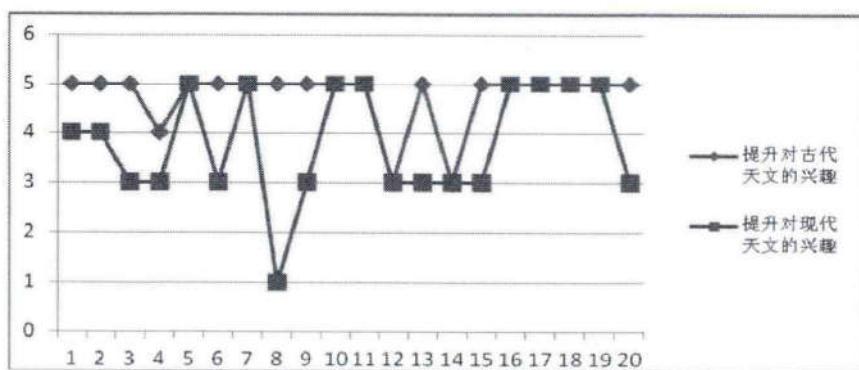


图 5-6 学生完成中国古星图探索后对天文的兴趣



(4) 可视化及制作漫游的过程提高了学生的信息素养。

在整个项目过程中，学生使用到了大量的信息技术，例如使用互联网查找资料，利用 Excel 存储数据，使用 WWT Excel add-in 插件将 Excel 中的数据在 WWT 软件中进行可视化，使用 WWT 软件制作漫游，使用 Word 文档编写漫游脚本，使用 GoldWave 等音频软件编辑录音，使用 Photoshop 等软件制作图片等。从以下被访者回答相关问题的答案可以看出，学生对使用 WWT 软件的态度积极，意识到使用这样的软件工具能帮助学习和展示。学生乐于学习新软件、应用工具等解决问题，善于灵活应用信息技术实现目标，这些实践活动潜移默化的培养了学生的信息素养。不仅如此，学生在该项目中需要收集中国星宿的星点数据，判断数据的科学性，将不同单位的数据进行转化，编辑简单的数据函数，将数据进行可视化等等，这些是培养学生信息素养的过程。

下面是学生被问及“你认为 WWT 软件对你有什么帮助？”的回答：

“WWT 制作功能还是很强大的，视觉效果强烈……很适合科普宣传；当然了，自己又会了个制作软件，很开心”——学生 R

“(WWT) 可以按照需要去寻找星宿。研究起来更加方便，系统，快捷。对于学习者而言更加生动，有趣，有吸引力，效果很震撼，数据获取异常方便”——学生 S

下面是学生被问及“将中国星图进行可视化有哪些好处？”的回答：

“一、让我们能更直观的进行观察，比如我做的壁宿，在网上可以搜到跟它形状相关的诗句，而我在看到这个形状后，才能对这些诗句有更形象的认知；二，这样方便我们依据形状在星空中寻找相应的星宿；三，方便我们对自己所做的结果进行检查；四、方便视频的制作；漫游（也就是我刚才说的视频）的制作锻炼了我对 WWT 的应用，加深了我的认识；另外，因为制作一个漫游需要上网大量查找和筛选资料，又让我增加了对古代星宿的认识”——学生 O

下面是学生被问及“如果没有 WWT 软件，再让你学习这些知识，你感觉会如何？”的回答：

“如果没有 WWT...这些星的具体位置仍然不能确定...仍然很抽象...有了 WWT 更加直观，我们可以更轻松的应用到生活中去...保持这种观看星空的兴趣...不会因为太抽象而放弃。我做的是昴宿...在制作的过程中是要翻找资料，去了解每个星官在古代的意义，再和西方神话相比较，发现是很有趣的事情，比如“昴星团”中国古时候的神话传说里是七仙女，在希腊神话里也是七姐妹星团...很相似”——学生 J



5.4 教学反思

“探究中国古星图”的项目结束后，笔者对基于项目的天文探究教学模式进行了反思，得出以下结论供未来实施该教学模式的教师参考：

(1) 基于项目的天文探究教学模式是有效的

从本研究实施的教学实践可以看出，学生从选定项目到活动探究，再到最后的展示作品都按照项目学习模式一步步进行得非常顺利。而且学生最终学到了与西方星空完全不同的中国古星图，了解了中国文化，学会了探究方法，学会使用 Excel 和 WWT 进行天文数据的可视化并制作漫游。此漫游作品不仅能够与老师、家长、同学进行交流和分享，还对中国星空文化的传播起了重大作用。以往有关中国古星图的资料都为书面的、静态的形式，即使互联网上有相关图片，也是无法修改与交互的。该项目的成果极具创新性，一方面学生将中国星图资料进行了数字化，另一方面这些数字化成果允许用户进行交互，如选显星官图层，制作中国星空教学漫游等，此举乃全国甚至是全世界的首创。这个项目结束后，国家天文台的研究员和学生参考本项目的实施过程，运用相同的手法将中国古星图进行了科学地、全面地、系统地可视化，同样以 WWT 漫游的形式对外推广¹⁹。在第二届“共享杯”大学生科技资源共享与创新实践竞赛中，“漫步中国星空之紫微垣”（如图 5-7）荣获了一等奖。

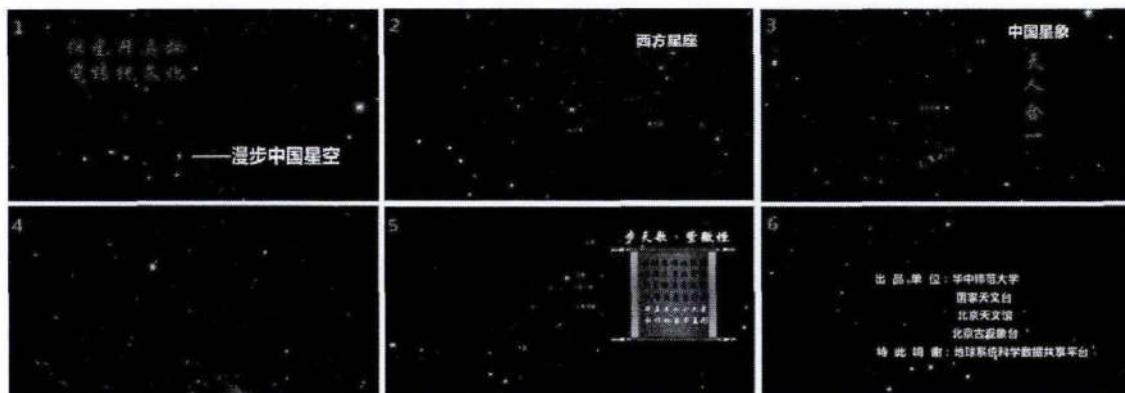


图 5-7 “漫步中国星空之紫微垣”漫游截图

(2) 可开发更多基于 WWT 的天文探究项目

“探究中国古星图”只是本研究实施基于项目的天文探究教学模式的一个案例，基于此成功案例的经验，结合 WWT 的海量科学数据、可视化功能、制作交互式漫游等特性，未来教师可以开发更多基于 WWT 的天文探究项目。例如本研究 2.3.4 中提到广州大学的研究生就曾利用 WWT 平台做过脉冲星数据可视化的研究项目。她还以宇宙尺度、天体三角视差和距离测量为实例，阐述了如何配合探究性学习教学中的背景知识呈现、设问、分组探究、讨论与结论等环

¹⁹ 中国传统星空 <http://wwt.china-vo.org/chineseheaven.htm>



节，设计交互性的 WWT 可视化节目^[191]。加州理工学院的天文学家通过计算预测出太阳系第九颗行星的存在，并用 WWT 将相关的小行星轨迹展示出来^[192]，教师亦可以将此研究过程转化为天文教学探究课题，从而让学生探究行星物理学、实测天体物理学、天体力学等内容。对于中小学生而言，天文探究项目可以以生活中常见的太阳、月球、行星为主题，主要探究太阳系中天体的运动规律、形态特征、特殊天象。对于非天文专业的大学生而言，天文探究项目可以以天文与其它学科相交叉的内容为主题，如本研究案例偏人文和天文可视化技术。对于天文专业的大学生而言，天文探究项目可以以当前热门天文学研究课题为内容，对其他天文数据进行可视化，将天文数据进行对比，通过 WWT 让学生学会探究天文的几种基本方法。

(3) 未来需实践完整的评价体系

本研究因参与指导的教师教学经验丰富，对学生非常了解，并没有对参与项目的学生进行诊断性评价。若是初次实施基于项目的天文探究教学模式，教师是非常有必要通过此手段了解学生学前的准备情况。在教学过程中，教师每两周组织一次组会了解学生的工作进展，也创建有 QQ 群对学生的工作情况进行追踪，但是教师并没有形成系统的形成性评价量表，对学生的协作能力、搜集信息能力、数据处理能力、表述能力、音乐欣赏能力等进行细致的考核。只通过学生的反馈对学生进行即时的指导，流失了诸多形成性评价数据。若要深入了解学生多元智能的发展，需要将诊断性评价、形成性评价及终结性评价三者相融合。这也是教师在基于项目的天文探究教学模式中重要作用的体现。



博士学位论文
DOCTORAL DISSERTATION



第六章 基于交互式漫游的天文辅导教学模式

6.1 建模背景

6.1.1 WWT VizLabs 简介

WorldWide Telescope Ambassadors（以下简称 WWTA）项目启动于 2009 年，尝试将基于海量科学数据的 WWT 软件应用到正式与非正式的科学教育中去，使学习者与教育者都从中受益。经过 2009-2011 年 WWTA 在美国马萨诸塞州试点学校的教学实践证明，WWT 软件能够帮助学生理解知识，交流科学，提升学生的学习兴趣^[18]。接着，WWTA 筹划开发模块式的教学资源，让教师和学生拿来就能用。

美国国家科学院出版的“美国实验室报告：对高中科学教育的调研”中指出优质的实验经历能够让学生洞悉科学家寻找证据和结论的复杂方式^[193]。可是天文学研究对象（如太阳、月球）的特殊性使其不能搬进实验室，而且极少数配备有望远镜的中学也少有观测实验，教师通常依靠有限的挂图或实物模型辅助教学和实验。随着信息技术的发展，有研究指出学生使用虚拟教学材料学习时能达到使用实物教材相同的教学效果，而且虚拟教材所特有的优势使它们成为更受青睐的教学媒介^[194]。还有研究表明实物模型与虚拟模型的混合使用通常比只用其中一种模型更有优势^[195]。因此，WWTA 意图借助 WWT 平台的科学数据环境，开发基于交互式漫游的虚拟实验教学模块，辅助天文教育中疑难点的教学。WorldWide Telescope Visualization Labs（简称 WWT VizLabs）计划由此诞生，并于 2012 年获得 NSF 基金（IIS-1254535）^[196]的资助，进一步完善试点学校中所使用的“月相与食”教学设计，计划开发更多主题式探究教学模块。

在 2012 年的项目计划书中，WWT VizLabs 的教学主题预设为四个教学模块：月相与食、季节、宇宙的尺度、寻找系外行星。目前 WWTA 实际开发的主题有^[197]：①月相与食（Moon Phases and Eclipse）。月相变化是一个常见的天文现象，理解它的产生原因是科学素养的基础^[198]。研究表明该内容是学生和成人常有的而且难以改变的迷思概念^[199]。在被调查的美国 48 个州和哥伦比亚特区中，只有 2 个州没有明确要求学习月相，而有 28 个州对学习日食与月食提出要求^[59]。也就是说，以“月相与食”为主题的 WWT VizLab 能被全美的大多数老师所利用，帮助学生消除迷思概念，储备科学素养。这也是 WWTA 多年不断改善“月相与食”教学模块，使其成为内容最完整、利用率最高、最具代表性的 WWT VizLabs 的原因。②黄金分割。此内容本属于数学概念，但是在自然和人类社会中出现了很多黄金分割的实例，宇宙同样如此。该教学模块通过测量土星本体和土星环的相关参数计算黄金分割的数值，然后展示银河系的黄金分割螺旋



线，最终让学生获得黄金分割的概念，体会宇宙的数值之美。该模块原本是为高年级的小学生所开发的，对中学生而言则相对简单。学生通常需要三十分钟至一个小时的时间完成探索。③恒星演化。该模块是为了辅助 Erica Reinfeld 等人设计的探究恒星生命周期的活动^[200]。它适用于 6-8 年级学生，若对此模块进行一定的改进也适用于更高年级的学生。除以上三个中小学教学模块，WWTA 还与其它大学老师（如巴克内尔大学的 Edwin Ladd 教授）合作，设计适合大学教学内容的 WWT VizLabs。目前正在制作和实践的教学模块还有利用三角视差法测量恒星距离的虚拟实验，利用星系红移量估算星系距离的虚拟实验等等^[201]。每个 WWT VizLabs 主要由教案、交互式漫游、随堂作业或活动册三部分组成，其中交互式漫游是 WWT VizLabs 最核心的内容。

笔者有幸于 2013 年 9 月至 2014 年 9 月加入 WWTA 教育项目组，分别在麻省的几所中学参与教学实践，实施课堂观察、数据收集与数据分析。笔者所参与的教学实践按教学内容主要可分为两个模块：一个是“探索宇宙”，通过介绍 WWT 的功能以及制作漫游的方法，辅助中学生探索黑洞、地外生命、太阳系等主题，最后评价学生制作的漫游作品。该模块的实践与本研究第四章的混合讲-探-创的天文教学模式有相似之处，此处便不再重复介绍；另一个教学模块是基于 WWT VizLab 的“月相与食”课程，通过使用虚拟模型及实物模型探究月相、日食、月食形成的原因。

完成整个“月相与食”的 WWT VizLab 模块的学习预计需要三个 45 分钟的课时，第一课时使用 WWT 漫游的虚拟模型学习月相形成的原因；第二课时使用塑料泡沫球的实物模型学习月相变化的规律；第三课时先回顾前两节课时所学内容，然后使用呼啦圈的实物模型探究日食和月食产生的条件，学生再使用 WWT 漫游的虚拟模型演示日食产生的过程。第一、二课时的顺序可以调换，这也是 WWTA 近期从事教学研究的一项课题，即实物模型与虚拟模型的使用顺序对教学效果的影响。此教学模块的教案（见附录五）、交互式漫游、随堂作业均可从 wwtambassadors.org 或 BetterLesson.com 网站上免费下载。

本章节便是基于“月相与食”模块中利用“月相漫游（Moon Phases Tour）”实施教学的经历，依据经验-归纳法（见本研究 3.3.3）建构出基于交互式漫游的天文辅导教学模式。此教学实践过程同样是证明该教学模式可行性的有效依据。

6.1.2 基于实物模型的“月相”课程

美国科学课的教师大多参考《科学探索者-天文学》^[202]一书教授月相变化、日食、月食等内容，它是根据美国《国家科学教育标准》编写的主流中学天文教学参考书。书中的探究环节是使用灯泡、塑料泡沫球、牙签等教具进行实物模拟。教室中央的灯泡模拟太阳，学生的头代



表地球，他们手持的塑料泡沫球模拟月球，此实物模型能模拟地球上的人看到日-地-月²⁰处于不同的相对位置时的月相变化（如图 6-1）。



图 6-1 实物模型探究月相变化的教室环境²¹

实物模型在天文教学中的优势在于学生能够动手操作，效果直观，如图 6-1 中右下角的塑料泡沫球的明暗程度是可以推断出，手持该塑料泡沫球的学生此刻看到的月相是残月。但是实物模型也存在着一定的缺陷，这些缺陷不仅仅出现于学习月相的课堂中，在其它天文教学中也可能遇到。例如使用该实物模型需要教室的环境足够暗，中央灯泡足够亮，且塑料泡沫球的不透光性好，学生才能在泡沫球表面看到月相变化。这就说明，实物模拟需要准备严格的探索环境和有效的教具。实物模型还存在模型尺度造成的缺陷，而这些缺陷是很难避免的。在天文学中，天体的直径、距离、运行速度、倾斜角度之间的关系造成了许多特殊的天象，若改变这些参数便无法还原真实的情境。例如在探究“月相”的过程中，学生通常水平手持塑料泡沫球（如图 6-1，或图 6-2 的学生 1），当“地球”（学生的头）位于“太阳”（台灯）和“月球”（塑料泡沫球）之间时，自然中出现的大多为满月现象，极少出现月食现象²²。而学生用此实物模型看到的多为月食，即“月球”进入了“地球”的影子。简单说来，就是学生在使用实物模型模拟的时候本该看到满月时却看到的是少见的月食。这是因为从地球到月球的实际距离大约是地球直径的 30 倍，倘若学生的头的直径为 15 厘米，则塑料泡沫球应该在 4.5 米的地方运动才符合真实模型的比例尺。很显然，学生的手臂绝对不够长，这就使得“月球”很容易走进“地球”的影子。实际上《科学探索者-天文学》书中的实验有明确地提到“让球体略高于他（她）的头部”（如下图 6-2，学生 2），但这同样会误导学生，让他们以为月球轨道与地球轨道之间的偏角很大，科学上给出的测量只有大概 $5^{\circ}09'$ ^[203]而已。

²⁰ 日-地-月是指太阳、地球、月球三者组成的天体系统

²¹ 图片源于 2014 年 WWTA 在 Vassal Lane Upper School 教学录像的截屏

²² 满月是指太阳照亮月球的那一半刚好全被地球上的人看见。月食是指月球进入地球的影子，太阳光并没有直接投射到月球上。这两者的光度有很大差别

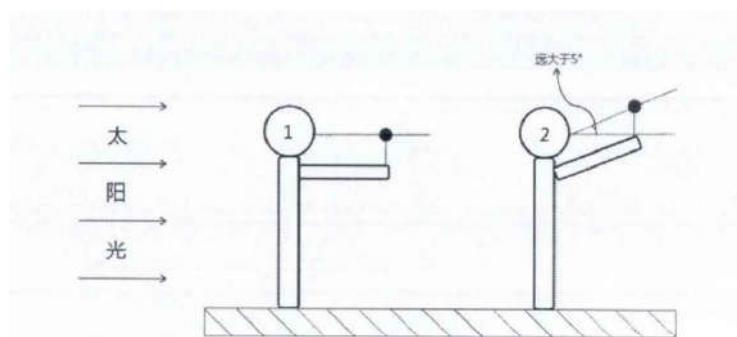


图 6-2 探究月相实物模型中存在的缺陷

学生 1 水平拿着泡沫球模拟月球运动；学生 2 参照教科书将泡沫球举过头顶。

6.1.3 基于虚拟模型的“月相”课程

实物模型不可避免的尺度缺陷可能给学生造成错误的引导，这就促成了教师和学者寻求信息技术的帮助，意图利用虚拟实验辅助传统教学，达到相同甚至更好的教学效果。

(1) 教学对象分析

本案例的教学对象为美国马萨诸塞州大波士顿地区的初中生，其中 143 名六年级学生来自市郊私立中学（William Diamond Middle school, Lexington, MA），另外 147 名八年级学生来自市区公立中学（Vassal Lane Upper School, Cambridge, MA）²³。虽然年级不同，但他们课前均只在科学课上学过地球在宇宙中所处的位置，公转、自转等知识，在经验的基础上知道月球会有阴晴圆缺的变化。但是由于课本中的图示将地球与月球画得非常接近，导致学生的心中常常低估地月间的真实距离。也就是说，当的体积比例符合实际情况时，学生自认为它们之间的距离要比实际的距离近很多。学生对日-地-月三者的实际距离和尺度认识不准确，有的学生会有“月相是由地球的影子产生”的迷思概念。而且中学生的空间想象能力，抽象思维能力有待提高，这对他们理解日-地-月的位置关系、月相变化示意图等造成障碍。因此学习月相产生的原因对中学生来说是一个难点。除此之外，美国的中学生已经非常熟悉计算机的基本操作，对天文的兴趣非常大，喜欢提问题，愿意与同学合作完成学习任务。

(2) 教学三维目标

知识与技能：学生需要理解产生月相变化的原因；记住每种月相所对应的名称；能够根据给出的日-地-月位置关系图预测月球所处的相位；能够根据给出的月相图，预测月球相对地球和太阳所处的位置；知道模型能够帮助我们理解复杂的现象，但是模型也有其缺陷，它同样能够让人产生迷思概念。

²³ 290 人是完整参与教学研究的有效人数，该人数已去除中途离开或增加，信息填写不完整而导致前后测无法对应或答题无效的学生。随着教学研究的继续实施，此有效人数还在持续增加。



过程与方法：学会使用“月相”交互式漫游学习月相产生的原因；在随堂练习册的引导下完成提出问题、做出假设、寻找证据、得出结论的探究活动。

情感、态度和价值观：从 WWT 软件展示的内容认识到日-地-月的真实尺度，体会宇宙的浩瀚；意识到 WWT 软件中展示的星空均为真实科学数据；要客观认识书本及模型展示的内容都有其自身局限性。

(3) 教学实施过程

教师在上课前准备好计算机，连接好电源，预先装好 WWT 软件。将名为“月相漫游 (Moon Phases Tour)”的.wtt 文件拷贝至每台笔记本电脑的桌面。提前测试耳机的工作情况，准备好随堂练习册、铅笔、橡皮等教学用具。此教学内容对教室的灯光、桌椅摆放无严格要求。

①上课铃响起后，教师让学生落座。每个学生对应一套电脑和耳机设备。在电脑不足的情况下可使用耳机转接线将一台电脑同时插上两副耳机，至少保证每个学生都能有耳机听到交互式漫游中的讲解。

②教师给每个学生发一份 WWT 漫游探索月相的随堂练习册（见附录六），并讲解此次课程的内容，教学目标以及学习过程。

③教师指导学生打开电脑，并播放存储于桌面的 WWT 月相漫游。

④学生戴上耳机，利用第一张幻灯片学习如何使用 WWT 软件平台，包括如何平移、放大、缩小、选择等。

⑤教师让学生探索约 4-6 分钟，观察学生是否逐渐适应该平台。待学生都会基本操作之后，指导学生点击电脑键盘上的右键头“→”进入下一张幻灯片。

⑥此时学生有机会调整耳机的音量，然后继续观看漫游。

⑦学生需要认真观看漫游，根据录音指示在 WWT 软件中进行观察，思考、探索、交互，并把自己的结果记录在随堂练习册中。

⑧大多数学生需要 45 分钟的时间完成整个漫游的探索，但是也有学生能提早完成学习任务，教师可以引导学生继续在 WWT 软件中自由探索或让学生挑战预先设计好的设置附加题 (bonus questions)。

⑨下课铃响后，学生关闭电脑，将随堂练习册交给老师即可。

6.1.4 “月相”交互式漫游的设计

由基于虚拟模型的“月相”教学过程可以看出，教师参与教学的时间大约为十分钟。其余时间均由学生在电脑前聆听 WWT 漫游的讲解，在 WWT 平台上进行交互式探索，直至完成配套练习册。因此，基于 WWT 的交互式漫游是本教学实践的核心内容，它也是基于交互式漫游的天文辅导教学模式的实践原型。按照月相漫游的讲解过程可将其教学设计分为以下六个部分：



(1) 准备活动

为了让学生顺利的使用 WWT 软件平台进行交互探究，他们需要学会基本的操作方法。例如点击鼠标左键并进行拖拽可以移动画面，使用鼠标滚轮能放大或缩小视场，单击缩略图便可跳转至该天体的面前。待学生适应操作方法后，进入下一幻灯片调整计算机音量。由于交互式漫游是添加有配音的，而且主要活动内容都需要根据声音的指导来进行。因此听清漫游录音很重要。

(2) 创设情境

本节课是为了讲解月相产生的原因，它跟地球及太阳所处的宇宙环境，位置关系，运动规律等都有密切的联系。因此漫游在介绍关键知识点前，先让学生直观的看到太阳、地球、月球的形态，而且从太阳系平面视角切换至俯视太阳系的视角。这一动态直观的过程能让学生理解书本中常出现的月相分析图示，帮助学生在脑海里构建宇宙三维空间图。该漫游在太阳系的俯视图中加速软件运行的速率，模拟八大行星和冥王星绕太阳的公转运动，展示整个太阳系行星及其卫星的运动规律。接着，漫游还点出我们的宇宙是如此的空旷，中心的太阳只是一个小的亮点，而其它行星几乎小到不可见，为未来解释虚拟模型和实物模型中地月系统的实际大小和距离做铺垫。

(3) 讲演基本概念

当学生已经在心中产生太阳系的三维图景之后，正式讲演月球相位变化的原因开始了。首先，学生通过漫游认识到太阳会将它周围的天体照亮，且一半是亮的，一半是暗的，就像地球一样，亮的一半是白天，暗的一半是黑夜，如图 6-3。因此，月球不论处于什么位置，它面向太阳的一面总是亮的，背向太阳的一面是暗的。



图 6-3 WWT 漫游讲解太阳系中的天体总是有一半被照亮

针对学生的“月相是由于地球的影子产生”迷思概念，WWTA 在设计漫游的过程中非常强调模型比例的问题 (to scale/not to scale)。先利用 WWT 平台的虚拟现实环境展示真实比例关系



的地球和月球，让学生意识到地球和月球之间的距离实际上比他们想象的要远很多，但是这一真实尺度的虚拟模型不利于人们看到地球和月球表面阴影部分的变化。然后为了让学生看清地球和月球的形态，教师利用 WWT 控制行星体积的滑块将此虚拟模型进行等比放大。也就是说，该模型在体积上仍保持相同的比例，而距离比真实的缩短很多。为了加强学生对这一模型的理解，教师在漫游设计中用加菲猫的脑袋和身体作类比。故而学生能够理解模型的真实比例与非真实比例的用途。以此做好铺垫后，学生便能顺利观察月球在不同位置时的月相了。

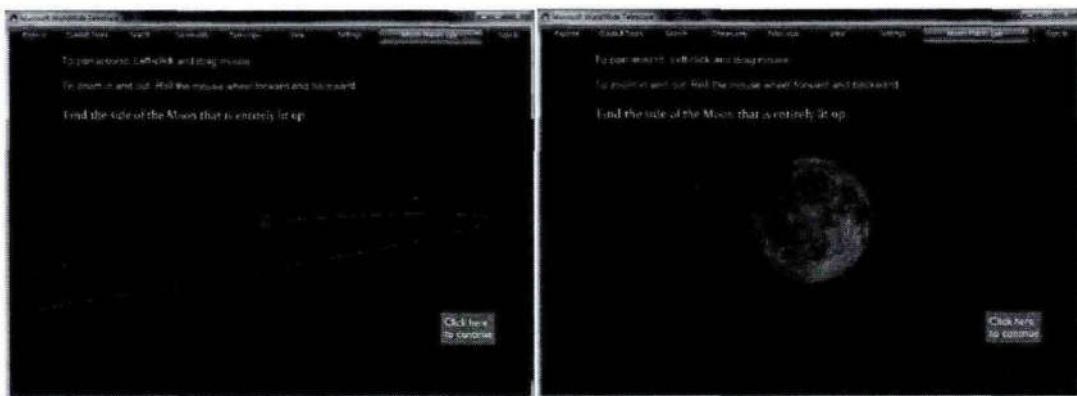


图 6-4 WWT 交互式漫游提示学生动手探索

WWT 交互式漫游的特色就在于给学生自己探索的机会，例如让他们自己在虚拟星空中找到月球被完全照亮和完全是黑暗的部分，从而理解不同的角度看到的月球被照亮部分的多少是不一样的。图 6-4 的左图为漫游提出问题时的画面，右图是学生需要经过思考后，自己与 WWT 软件交互后获得的答案。

(4) 探究式学习

学生完成基本概念的学习后，要对月相形成的原因进行进一步的探究，且探究内容分为两部分，一是根据给定的日-地-月位置关系，判断地球上北半球的人们看到的月相是怎样的（见附录六，问题 3.4），二是根据月相图，判断日-地-月所处的相对位置（见附录六，问题 3.6）。下面根据探究式学习的步骤逐一展示 WWT 漫游和随堂作业对问题 3.4 的探讨。

①提出问题：当太阳、地球、月球处于图示中的位置时，北半球的人们看到什么月相？

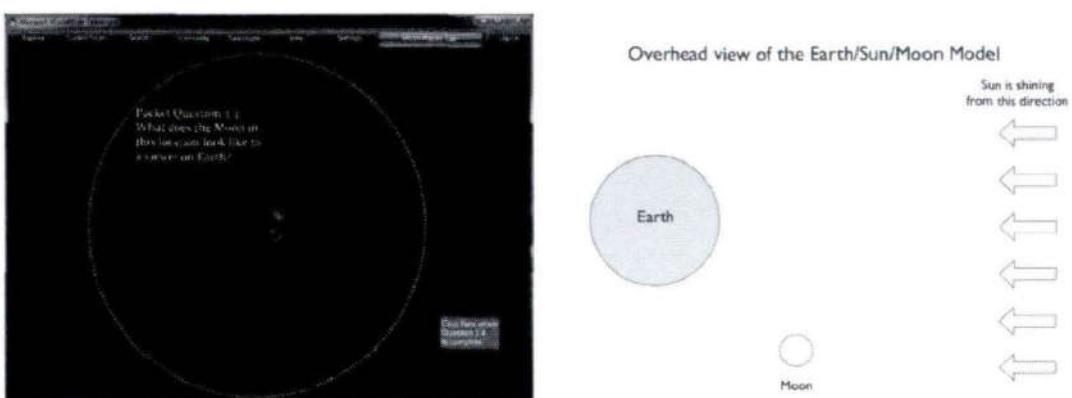




图 6-5 WWT (左) 和随堂作业 (右) 提出的同一问题

②猜想与假设: 在随堂作业上选择你的预测结果 A.新月 B.上弦月 C.渐盈凸月 D.蛾眉月 E.残月

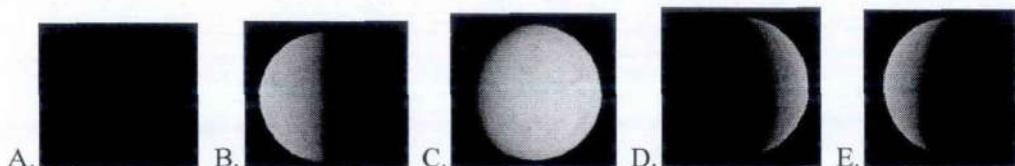


图 6-6 对探究问题做出初步的猜想

③制定计划和设计实验: 在 WWT 软件中, 将视角调整为从地球向月球看去。

④进行实验和收集证据

在图 6-7 (左) 的幻灯片中, 点击鼠标左键并拖拽画面, 使得地球处于屏幕的中心, 以地球的视角去看月球。为了不让地球完全遮挡住月球, 可以让地球稍微偏移一点 (如图 6-7 右), 或者用鼠标滚轮放大地球, 使地球消失于画面, 但是方向仍保持从地球上看月球的角度。

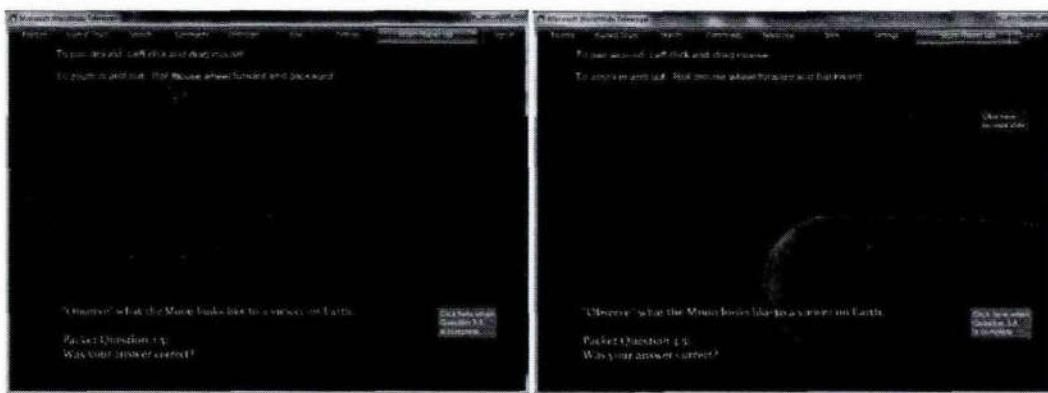


图 6-7 对随堂作业中问题 3.4 的探究过程

⑤分析与论证

由上面的实验可以知道问题 3.4 的答案为 E 残月。因为在地月系统俯视图中, 当太阳光从右侧射向地球和月球时, 它们都是右侧半球被照亮, 而左侧半球处于黑夜。当视角从俯视图切换到从地球上的角度看月球时, 月球被照亮的部分在左侧, 且只能看到一小部分被照亮的月球, 大部分是看不到的, 因此是残月。

⑥反思与评价

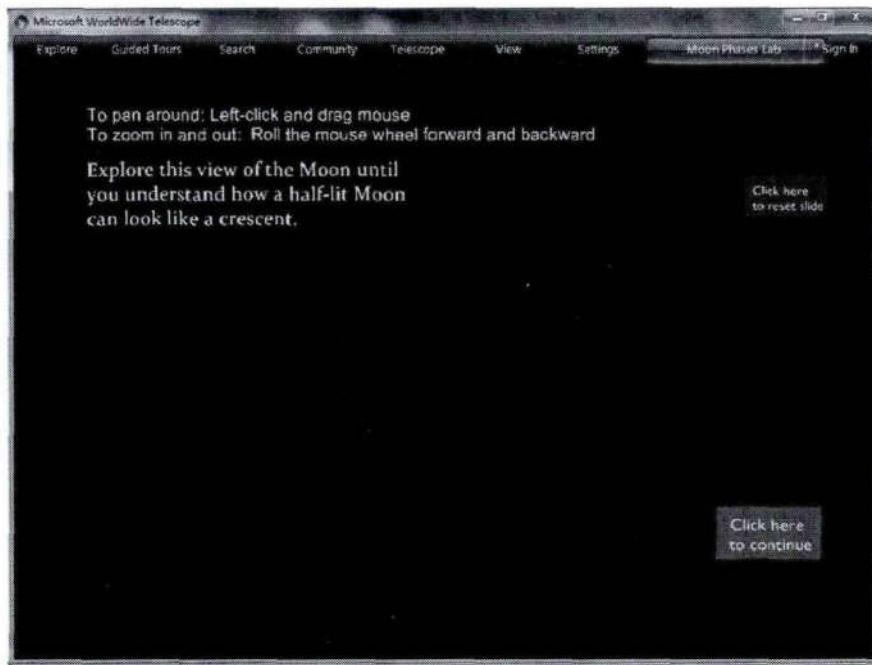


图 6-8 探究问题结束后的反思

此时，学生得出的结论可以与实验验证之前的预测（问题 3.4）进行对比，然后回答问题 3.5。学生经历了被提问、预测、探索、下结论等过程之后并不一定完全确定他得出结论的思路。因此，WWT 漫游中提供了一个让学生反思的过程（如图 6-8）。在看到残月的现象时，通过平移和放大、缩小画面，再次理解月球、地球和太阳处于怎样的相对位置才能看到残月，从而巩固自己的理解。完成该部分的探究后，学生应该能够理解，月球总是会被太阳照亮一半，但是由于月球绕着地球公转，使得它被照亮的那一半面向地球的多少不同，因此产生了月相的变化。

（5）讲演月相全周期

月相的变化是一个连续动态的过程，现实生活中需要一个月的时间完成全周期变化。在 WWT 漫游中，只需要几分钟的时间。月相漫游的探究部分结束后便开始以月球为中心，直观的地展示新月（new moon）、娥眉月（waxing crescent moon）、上弦月（first quarter moon）、渐盈凸月（waxing gibbous moon）、满月（full moon）、渐亏凸月（waning gibbous moon）、下弦月（third quarter moon）、残月（waning crescent moon）的各个状态，同时标注名称，辅以日-地-月三者相对位置的示意图。连续而完整地介绍月相变化的整个周期，结束月相学习的基本内容。

（6）拓展学习

当学生提早完成基于 WWT 漫游的探究式学习后，他们仍有时间继续在该软件平台中自由探索，通常学生会在地球模式中寻找自己的家或者学校的所在地，还会在星空中探寻他们感兴趣的星云、星系或星团，还有的会在太阳系模式中从地月系看向太阳系，再进入银河系，最后



看到总星系图景等等。

6.1.5 教学效果

(1) 课堂观察分析

学生在课堂上能根据 WWT 漫游指示完成探究活动和随堂练习册。学生的注意力比较集中，倘若没有观看漫游，很容易被教师发现，及时得到纠正。当提早完成学习活动时，学生会在 WWT 软件中自由探索，与同伴讨论，在遇到不懂问题时会与老师讨论交流。图 6-9 为拓展学习时的录像截图。其中女孩提问：太阳上的黑点是什么？同伴（男孩）回答是太阳黑子，但只是知道名称不知道产生原因，遂询问老师。于是老师和两位学生共同探讨了黑子产生的原因、太阳温度、温度单位等内容。

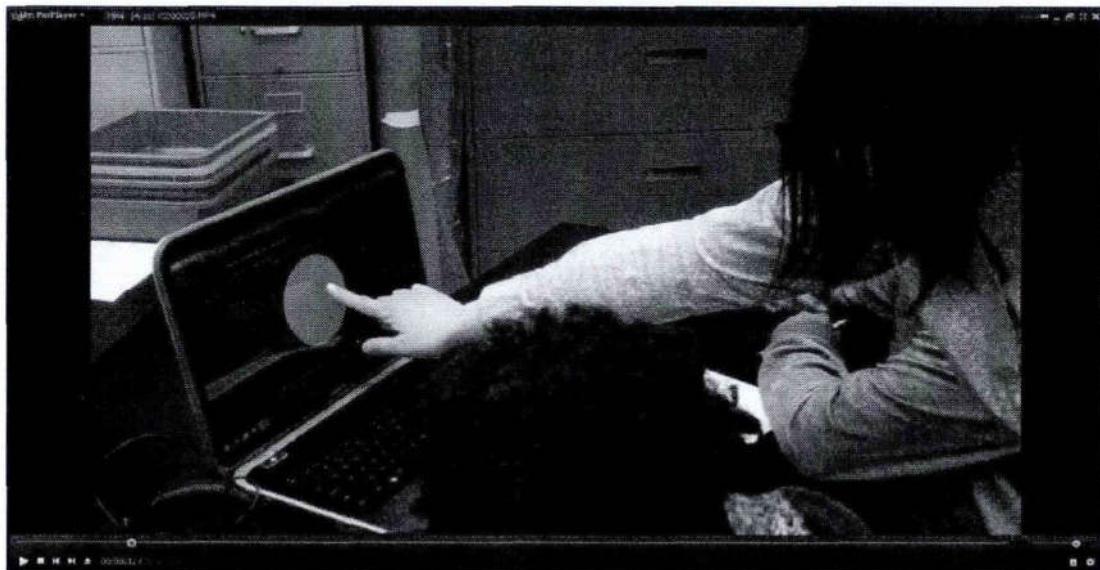


图 6-9 提前完成漫游探究活动的学生在拓展学习中与教师讨论的场景

(2) 前测与后测分析

本研究通过实验研究法了解学生使用 WWT VizLabs 的兴趣程度以及学习效果。学生在使用 WWT VizLab 之前做一次评价试题（见附录七），称之为前测。目的是了解他们的基本信息如姓名²⁴、性别、年级等，以及他们掌握有关天文原有知识的情况。教师在完成 WWT VizLab 教学后，学生再做一次该评价试题²⁵，称之为后测。将后测与前测进行对比就能知道学生知识的增长和对科学内容的理解深度。在“月相与食”的 WWT VizLab 中，WWTA 使用的是 ASSCI^[204]

²⁴ 此处填写的姓名为代码，是教师课前为每位同学准备的天体名称如太阳、木星、黑洞等。每位学生需要牢记自己的代码，在测试题及随堂作业中均会用到。教师是唯一拥有代码和真实姓名对照名单的人。

²⁵ 此次评价试题内容基本相同，但是顺序有所调动。



题库中的相关选择题。下面是用 SPSS 对前测与后测数据进行配对 t 检验的结果，由表 6-1 和表 6-2 可知，该教学过程的前测与后测存在显著性差异。这说明，该教学计划使得学生对天文的兴趣，对科学的兴趣，对虚拟模型的态度，以及对与他人分享知识的态度有显著性的提高。

表 6-1 学生态度配对样本统计

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Post-Q1 Astronomy Interesting	3.919	290	1.0092	0.0593
	Pre-Q1 Astronomy Interesting	3.62	290	1.073	0.063
Pair 2	Post-Q2 Science Interesting	4.116	289	0.9324	0.0548
	Pre-Q2 Science Interesting	3.88	289	1.047	0.062
Pair 3	Post-Q3 Computer models useful	4.295	290	0.8666	0.0509
	Pre-Q3 Computer models useful	4.15	290	0.929	0.055
Pair 4	Post-Q4 Fun to share what I know	3.192	289	1.1838	0.0696
	Pre-Q4 Fun to share what I know	3.019	289	1.1398	0.067

表 6-2 学生态度配对样本 t 检测

	Paired Differences			t	df	Sig. 2-tailed
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean			
Pair 1 Astronomy Interesting	0.3017	0.8702	0.0511	5.905	289	0
Pair 2 Science Interesting	0.2405	0.8691	0.0511	4.704	288	0
Pair 3 Computer models useful	0.1431	1.0429	0.0612	2.337	289	0.02
Pair 4 Fun to share what I	0.173	0.9333	0.0549	3.151	288	0.002

统计学生在前后测中回答知识性选择题的正确率，每题一分，总分标记为 MC (multiple choices 的简称)。表 6-3 为基本统计结果，表 6-4 为前后测配对 t 检测结果，从中可以看出前后测存在显著性差异。结合 Udomprasert 等人做的对比实验结果^[133]可知，使用 WWT VizLab 的探究性教学对学生学习月相的形成原因很有帮助。

表 6-3 学生答题配对样本统计

	Mean ²⁶	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest MC total	4.69	290	1.639	.096
Pretest MC total	3.21	290	1.436	.084

表 6-4 学生答题配对样本 t 检测

Posttest MC total- Pretest MC total	Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean			
	1.483	1.614	0.095			

笔者在 2014 年 10 月离开美国后便不再参与往后的教学实践，但是仍然能够获取数据并进行数据分析。新增添的一组 WWTA 仍在 Vassal Lane Upper School 实施教学实践的数据与原有 290 条数据的融合后，两所学校参与教学实验的总人数达 369 人，其中 175 人先使用 WWT 虚

²⁶ 此处最高得分为 7 分，不包含前测第 8 题或后测第 1 题。



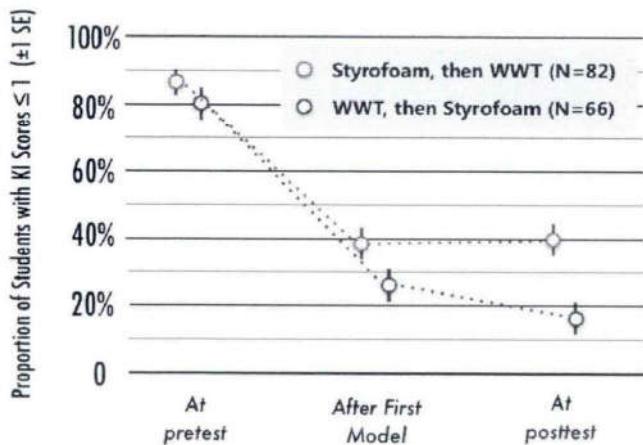
拟模型，后使用塑料泡沫球的实物模型（标记为 WWT-Foam），194 人先使用实物模型后使用虚拟模型（标记为 Foam-WWT）。对这些数据分析后的结果如下^[135]：

①经过线性回归分析（如表 6-5），不考虑模型的顺序时，前测 MC 分数和前测中的“方块问题（cube question）²⁷”对后测结果起到显著的预测作用。考虑模型顺序时，发现它对学习的结果并没有显著性的影响，这与 2013 年前期的试验结果^[133]有差别，因此该结论还有待进一步的研究。

表 6-5 因变量为后测分数的线性回归分析结果

Variable	Categories	Coefficient	Std. Err.	T Ratio	Prob.
Constant		3.257	0.843	3.864	0.0001
Pre-test score		0.882	0.058	15.17	0.0001
Pre-cube question	incorrect	-0.396	0.1397	-2.833	0.0049
	correct	0.396	0.1397	2.833	0.0049
Model Order	Foam-WWT	-0.225	0.135	-1.674	0.0949
	WWT-Foam	0.225	0.1346	1.674	0.949

②笔者以及合作项目组还对测试题以及随堂练习册中的问答题进行初步的分析。由于人力和时间有限，仅对 148 名学生的答卷进行量化，利用知识整合（Knowledge Integration, KI）的量表^[205]对学生的答案进行 0-3 分的评判。0 表示没有作答，1 表示有回答但是错误的，2 表示回答基本正确，3 表示能完整而清晰的回答问题。如图 6-10 所示，大多数学生 (>80%) 在开始使用 WWT VizLab 前的 KI 值=<1，说明学生的迷思概念很普遍。在后测时，仅剩 18% 的学生在 WWT-Foam（蓝色）教学实践后 KI 值=<1，而 40% 的学生在 Foam-WWT（灰色）教学实践后 KI 值=<1。这在一定程度上说明学生先使用 WWT 虚拟模型后使用塑料泡沫球模型更有助于消除学生的迷思概念。



²⁷ 见附录五，第 8 题：Which of the patterns when folded will make the cube shown?



图 6-10 学生前后测迷思概念的 KI 分数变化

6.2 基于经验的模式建构

学生自主探索月相漫游的教学经历启示我们，教师可以将讲解和探索的内容融入基于 WWT 的交互式漫游中，学生则通过此类漫游进行独立地学习，在此过程中交互式漫游在天文教学起到了辅导的作用。因此，本研究依据经验-归纳法建构出基于交互式漫游的天文辅导教学模式。于此同时，该模式的可行性已由基于 WWT VizLab 的教学过程证明。

6.2.1 理论指导

(1) 行为主义学习理论

本研究 3.2.1.1 中简述了行为主义学习理论的基本内容，它给我们的启示是，学习可以由外部给予刺激，然后学习者通过反应而获得。学习可以通过及时的“强化”获得有效的学习效果，这种强化是通过肯定正确的学习行为，纠正错误的学习行为来让学习者认识到自己的学习效果。这为辅导式和练习式教学奠定了理论基础，也为多媒体教学资源的编制提供理论依据。

在基于交互式漫游的天文辅导教学模式中，交互式漫游融合了教师的声音、多媒体资源、天文科学数据，形成一种具有辅导功能的多媒体教学资源。它对学生而言是一种外部刺激。学生一边听取动态讲解，一边完成练习，这是对使用交互式漫游做出的反应。当学生对问题做出正确的回答时，漫游给予肯定的认可，使教学内容或习题进入下一阶段。当学生对问题做出的答案错误时，学生可以返回学习内容进行二次学习或者观看漫游给出解答。这种辅导是对学生学习行为的“强化”。它并不能替代系统的、长期的正式教学，教师要正确认识基于交互式漫游的天文辅导教学模式的适用性。

(2) 认知学习理论

认知理论强调学习是根据个体内部的认知结构对外在的刺激进行选择加工，然后赋予特定的意义。客观环境中存在的刺激是多种多样的，但是个体并不会对所有的刺激产生反应。当学习者根据个人心理结构和认知结构选择部分刺激进行加工时，它是在原有的经验上不断改造从而产生新的经验，学习就发生了。

认知学习理论分为很多流派，它们对本研究基于交互式漫游的天文辅导教学模式都有指导意义。例如本研究 3.2.1.2 所阐述的奥苏贝尔的有意义学习理论，它强调有意义的接受学习。教师将教学内容通过录音、文字、图片融入 WWT 漫游中，学生在观看漫游的“基本讲演”过程中纯粹依靠自身原有的知识去同化漫游中的知识，我们期望学生在此接受学习的过程是一种有意义的学习。该理论还提出逐渐划分原则，它启示教师在设计漫游的过程中要注重层次性，将



教学内容逐步分化为多个子内容进行呈现。建构主义学习理论（见本研究 2.2.2.1）则强调情境、协作、会话和意义建构，它通过“活动”的形式体现出来。在交互式漫游中，教师应该多融入学生思考、探索的活动环节，让学生在基于交互式漫游的天文辅导教学中不只是用眼睛看和耳朵听，更重要的是调动学生的思维，通过动手操作帮助学生实现意义建构。交互式漫游充分利用了多媒体学习认知理论（见本研究 2.2.2.2）中的双重编码理论，通过 WWT 呈现高清、海量、逼真的星空图片以及不同视角的宇宙环境，以此向学生传递非言语信息，再通过教学录音向学生传递言语信息，二者的同步有助于增长学生的长时记忆。同时，WWT 科学数据环境为学习者模拟出的“真实”宇宙大大降低了认知负荷，它并不是将知识点孤立的呈现给学生，而是以整个“太阳系”“星空”等为背景着重呈现需要学习的知识点，有助于学生对天文知识的整体建构。

（3）教学设计理论

《现代汉语词典》对“设计”一词给出的定义是：在正式做某项工作之前，根据一定的目的要求，预先制定方法、图样等^{[206].1013}。它原本是一个工程术语，指人们用于改进其创造物的质量的活动。设计意味着在解决问题前，有系统和充分的计划，然后实施计划，并开发新的产品^{[207].6}。因此，设计发生于活动之前，它必须依据一定的目的，接着进行系列安排或规划。

当教学的概念与设计的概念相融合时，新的研究领域-教学设计-便于 20 世纪 60 年代产生了。迪克（Walter Dick）和凯瑞（Lou Carey）用系统观看待教学设计时认为“教学过程本身可以视为一个系统。系统的目的是引发和促进教学。这一系统中的成分包括学习者、教师、教学材料以及学习环境”。于是，他们将教学设计定义为“用系统方法描述教学，分析、设计、开发、评价和修改的全过程”^{[183].2-4}。我国学者认为教学设计时运用系统方法分析教学问题和确定教学目标，建立解决教学问题的策略方案，试行解决方案，评价实行结果和对方案进行修改的过程。它以优化教学效果为目的，以学习理论、教学理论和教学传播学理论为基础^{[207].8}。

基于交互式漫游的天文辅导教学模式中，教师并不参与学生的学习活动，而是通过交互式漫游将教学内容传递给学生，对学生起辅导作用。因此，交互式漫游的设计在此模式中显得尤为重要。根据教学设计理论，教师要根据教学目标、教学内容、学生学情完成漫游中知识结构体系的设计。在设计过程中还涉及媒体信息的选择和表现，交互方式的开发，教学策略的应用等。

6.2.2 操作程序

基于交互式漫游的天文辅导教学是学生利用交互式漫游来实现自学以及检测的学习过程。在此教学过程中，漫游替代了教师的指导性行为，对学生学习天文起到辅导作用。该模式的基本教学过程为：①教师布置教学任务，即教师告诉学生在什么时间（课前、课中、课后），什么



地点（教室、家中），学习什么内容（月相、四季、行星等）以及为什么学（预习、测验、复习等）；②学生观看漫游并答题，即学生观看预先设计好的漫游，根据提示音进行探索并回答问题。教师此时能利用 QQ 等即时会话工具进行同步指导与辅助，也能利用邮件、博客等工具进行异步指导与辅助；③学生自检结果，即学生回答完问题后，漫游（或老师）给出正确答案，学生查看自己答题的正误；④教师评价，即教师了解学生使用交互式漫游学习的情况，以此指导下一步教学。此教学模式中，交互式漫游是整个教学辅导过程的核心，笔者根据交互式漫游的教学功能将其分为辅导式和练习式漫游，以下分别介绍它们的设计方法：

（1）辅导式漫游

辅导式漫游的功能与经典的“个别辅导（tutorial）”的教学模式相似，主要是由计算机实现教师的指导性教学行为，对学生实施个别化教学^{[80],209}，向学生传授新的知识或技能。这样的漫游可用于学生课前的预习、课中的探究与辅助、课后的补习等自学过程。每个漫游讲授一个天文概念或知识点。正如模式背景中所介绍，“月相”漫游补足了实物模型的缺陷，并以动态的三维的影片形式讲授月相变化的原因，在课程中起到了辅导的作用。根据该漫游的设计形式，笔者归纳出辅导式漫游的基本设计框架，如图 6-11：

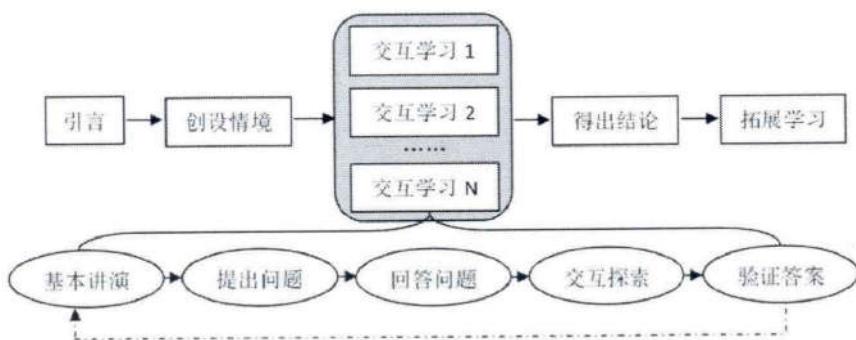


图 6-11 辅导式交互漫游的基本设计框架

①引言。这部分交代辅导式交互漫游的主题、目标，适合什么样的群体学习，需要多长时间，需要准备哪些辅助工具如笔、纸、计算机、尺子等。在学生从未使用过 WWT 的情况下，引言部分还可以包括如何使用 WWT 的内容介绍，如同月相漫游中第三张幻灯片“-2.5 Explore Solar System”。

②创设情境。这部分是为了通过故事典故、生活经历等方式让学习者进入学习情境，用生活化、形象化的情境将学习者原有知识及经验调动出来，使之产生共鸣，并激发兴趣与好奇心。如同月相漫游中首先介绍了地球和太阳所处的宇宙环境，位置关系，运动规律等。它没有直接阐述日-地-月三者的关系，而是呈现整个太阳系的平面图与俯视图，这两种视角在学习月相的过程中有重要作用。漫游还提及太阳只是一个小点，行星几乎看不到，这些都为日-地-月的实际大小与距离做铺垫。

③交互学习。这部分内容实际上是通过基本概念的讲演、提出问题、回答问题、交互探索



和验证答案这五步组成。它实现了知识的传递与建构，是整个辅导式交互漫游的核心。教师可以将天文教学内容按奥苏贝尔的逐渐分化原则、整合协调原则和先行组织者策略分为多个细化的学习内容，逐个讲解交互学习 1、交互学习 2 直至完成交互学习 N。在每个细化的交互学习中，学生有机会对此交互学习内容进行重复学习的机会，保证学生理解概念 1 以后在进入概念 2，如月相漫游中名为“32.5 Go back for Partner 2”的幻灯片，提示学生“Click here to replay”。交互探索的形式可以是搜寻、查找、测量、比对、观察、计算等。在制作交互式漫游的过程中，所有的操作、跳转链接都要有明确的文字提示，确保学生能按照语音和文字按顺序完成探索。

④得出结论。这部分内容是让学生对漫游学习进行反思，明确自己学习到的知识与技能。

⑤拓展学习。这部分内容是为提前完成学习内容或期望挑战附加问题的学生而设置的。

(2) 练习式漫游

练习式漫游是辅导式漫游的变式，二者在漫游制作的技能上相同，但在内容设计和功能上有明显差别。练习式漫游的功能与常见的“操练与练习”教学模式相似，主要是以漫游的形式向学生呈现问题和解题答案，学生在漫游上作答或者将答案写在答题纸上。这样的漫游主要用于课后巩固知识和技能，测验学生学习情况。练习式漫游的基本设计框架如图 6-12 所示：

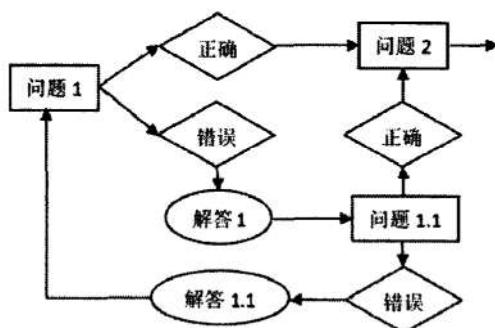


图 6-12 练习式交互漫游的基本设计框架

练习式漫游主要由题库、解答组成，这两者都可以以图、文、声三者共有的动态漫游呈现。当学生选择问题 1 正确的答案时，漫游自动进入全新的问题 2。当学生选择错误的答案时，漫游自动进入问题 1 的解答，并接着呈现与该问题相似的问题 1.1，若此次答对，则漫游自动进入问题 2，若学生继续答错，则学生要继续观看问题 1.1 的解答，接着重新从问题 1 开始。在问题设计上，问题 1 与 1.1 的知识考核点和解题方法最好相同，解答 1 与解答 1.1 的差异性也不大，这样有助于学生理解这一类问题后再进入下一题。在题目的设计上，应遵循从易到难的逻辑。虽然 WWT 漫游只能通过超链接的方式实现练习式漫游的设计，但是这种设计方法实现了一定程度的“自适应”性，让学生通过错误题目的解释及时纠正错误，然后通过同类型的题目进行验证。学生通过正确的答案肯定自己所学的知识与技能，通过错误答案后的解答学习正确的知识与解题方法，以此通过交互式漫游获得学习辅导。



6.2.3 模式优势

当以上两种具体的交互式漫游应用至天文辅导教学中时，它们会体现出以下优势：

①交互式漫游是基于 WWT 平台展示天文教学内容，其海量的科学数据为探索提供资源环境，避免实物模型的缺陷，有助于消除迷思概念。其高清的可视化效果为学生展示直观而震撼的学习内容，降低学生认知负荷的同时激发学生的学习心向。其漫游的播放功能实现图、文、声三者并茂的形式呈现内容，使得自学也变得生动而有趣。

②交互式漫游的交互性鼓励学生动手操作，突破了天文教学不直观无交互的困境，有助于学生主动参与学习，在人-机交互过程中促进思考，利于学生积极建构天文知识体系。

③交互式漫游属于数字化资源，它突破了时间和地域的限制，实现远程教学。能反复拷贝与观看，具有很高的利用效率。传播方式便捷，易于发布、更新及反馈。

④辅导式和练习式的交互漫游替代了教师辅导的部分职能，为教师减轻工作量，节省时间，同时促进学生充分利用空闲时间进行学习。结合 WWT 在其它天文教学模式中的应用可知，交互式漫游在天文辅导教学中的应用实现了 WWT 平台在课前、课中、课后教学的一脉相承。

⑤学生利用交互式漫游进行学习，能独立自主地控制学习进度。在练习过程中还能及时得到反馈和辅导，实现自适应学习。

6.2.4 实现条件

在基于交互式漫游的天文辅导教学模式中，WWT 既是演示平台，又是天文资源平台，其制作交互式漫游的功能是实现此模式的前提条件。要制作出优质的交互式漫游除了参考前文所述的设计框架，还应遵循以下三个基本原则：

(1) 教育性

①选题匹配课程教学。交互式漫游的作用是给学生提供辅导，因此它通常是伴随正式的课程教学。在内容上，它要匹配课程教学内容，为正式教学服务。在功能上，它能作为课前预习，课中探索，课后复习及练习的资源。

②突出重点，攻克难点。交互式漫游应将正式课程教学中的内容进行提炼，重复讲解教学中的重点，利用漫游的优势突破教学难点，化解学生在课堂中不易理解的学习内容。还可以将课堂中不形象、存在误导的教学内容在漫游中进行强化。

③有匹配的教学资料，如参考资料、练习册、活动册。这些辅助性材料有助于学生更好地把握漫游学习内容。

(2) 交互性



交互式漫游的最大特征在于其交互性。交互性促进学生思考，动手参与，有利于学生积极建构天文知识和技能。倘若没有了交互，则 WWT 漫游跟普通天文教学影片没有区别。因此，在设计漫游的过程中要尽量将交互巧妙地嵌入到教学内容中。最简单的方式是通过漫游向学生提出问题，学生需要进行思考和作答才能进入下一环节。有的答题可以在漫游中直接呈现，有的可以像“月相”课程中的随堂练习册以书面形式出现。还有的交互方式是学生对天体进行测量，如“黄金分割”教学模块中对土星的测量。从网站上查询资料、与同伴讨论、推演公式等方式都可以作为交互方式加入至漫游设计中。

(3) 艺术性

交互式漫游属于多媒体教育资源，它应该具有丰富的表现力和艺术感染力，这有助于吸引学生的注意力，激发学习动机，提高学习兴趣。艺术性可以通过漫游中的声音、图像、文字等方面体现。例如，漫游中的图像要清晰且摆放得当。教师录制解说时声音要清晰明朗，节奏抑扬顿挫，必要时可以配上和谐悦耳的背景音乐，解说内容要与漫游画面相辅相成，达到视听同步的效果。漫游中的导航图标或交互链接要明晰而有效，这有助于交互探索的体验。



第七章 总结与展望

7.1 研究内容与结论

天文学是基础科学之一，主要探索天体和天体系统的分布、活动、结构和演化等性质和规律，具备尺度大、时间跨度广、极端条件等特征，只能被被动观测而不能直接操纵。天文学的研究成果是当前科学技术发展以及人类对宇宙的认识等基础问题研究的极大动力。天文教育需要承担起培养天文研究型人才，加强人们天文科学素养的重责。然而，分析我国各层次天文教育的规模后可知，它呈现出一种倒挂结构。教学过程中还存在直接经验有限、户外观测困难、以讲授为主且缺乏趣味性和互动性、专业师资匮乏、数字化教学资源零散的困难。目前有关天文教学的研究并不多，缺乏对天文教学模式的探讨。在教育信息化的进程中，信息技术与课程整合是我国教育改革的新视点。天文教育在响应这一行动时，主要将信息技术应用于演示，极少有探究活动和创新实践活动。在先进的教育理论以及基于科学数据的天文教育思想指导下，本研究引入 WorldWide Telescope 软件平台，充分利用其特色实现信息技术与天文课程的多层次整合，不仅改善天文教育的困境，同时开拓天文教学中的探究、创新、辅导活动。

本研究以教学模式为落脚点，意图为天文教学的理论与实践搭建桥梁。在此目标下，本文首先分析了信息技术与天文教学整合的指导理论，接着具体介绍了 WWT 与天文教学整合的方式。然后分析了天文教学模式中的五大要素，提出了三种建模方法。在此基础上，为了满足不同目标和条件的天文教学，本研究建构了三种基于 WWT 的教学模式：建构混合讲-探-创的天文教学模式、基于项目的天文探究教学模式、基于交互式漫游的天文辅导教学模式。具体研究的内容与结论如下：

(1) 从理论的角度分析信息技术与天文教学整合，并以 WWT 为例介绍具体的整合方式。信息技术与天文教学整合是在建构主义理论、多媒体学习认知理论、多元智能理论以及基于科学数据的天文教育理念等的指导下进行的。WWT 将空间及地面诸多大型望远镜采集的真实科学数据整合在一起，通过可视化和无缝拼接等技术形成一个“虚拟现实”的全波段数字星空。它能提供丰富的天文资源、多视角的呈现模式、制作和播放漫游、本地数据的可视化等功能。因此，WWT 能作为信息技术学习对象、演示工具、个别辅导工具、资源环境、信息加工工具与知识建构工具、研发工具等多层次地整合至天文教学中，在实际教学过程中努力做到深层次的整合。

(2) 分析天文教学模式的五大要素，即理论基础、教学目标、操作程序、实现条件和评价方式。理论基础离不开信息技术与天文教学整合的理论，以及对现代教学起重要作用的学习理



论。它们为天文教学模式中的讲授、探索、创新、辅导等教学过程有重要意义；教学目标是利用信息技术（WWT）实现既能发挥教师主导作用又能让学生自主、探究、创新的教与学方式，提高教学效果、培养天文信息素养（特别是数据素养）及其它能力；操作程序是教学活动的逻辑步骤，视具体的天文教学模式而定；实现条件则是从教学系统的各个部分及相互作用进行分析，进而对操作程序做补充；评价方式则注重过程性和多元性的考察，如漫游作品的评价。

(3) 初步提出教学模式的三种建构方法。理论-演绎法是指从教学理论与教学思想出发，结合具体的教学目标设计相应的教学模式，再将其付诸实践，通过教学评价检验教学效果及教学模式的优劣，对教学模式进行改进与完善，重复实践与评价，最终形成相对稳定教学模式的方法；借鉴-创新法是指教师借鉴已有的成熟教学模式，结合新课程的教学内容，融会贯通地实施教学并实现创新。它包括迁移式创新和整合式创新；经验-归纳法是指教师通过长期的教学实践发现自己或他人的教学存在某种模式，按照教学模式的五要素总结要点，依照教学模式再进行教学实践的检验，最后形成一种稳定教学模式的方法。这三种方法也是本研究建构具体天文教学模式时所采用的方法。

(4) 建构混合讲-探-创的天文教学模式并进行教学实践。基于大学天文选修课《苍穹的奥秘》改革需求，在讲授、探索、创新、混合学习等教学理论与思想的指导下，本文利用理论-演绎法建构出混合讲-探-创的天文教学模式。该模式是一种半开放式的课堂教学，既保留了传统讲授式课堂教学传授大量知识的优越性，又提供了探索式学习的机会，还为学生创作创新提供平台。在实施教学实践后，本研究收集了学生的作品并进行问卷调查。结果显示，绝大多数学生能独立完成较好质量的作品，极少数涉嫌抄袭。学生对太阳系、星座最为了解，能利用多种信息技术创作漫游，并通过漫游展现创意。学生认同 WWT 软件的应用、课程的设置、期末考核的方式。这些都初步证明了混合讲-探-创的天文教学模式的有效性。

(5) 基于项目的天文探究教学模式的理论与实践。基于项目的学习是一种非常成熟的教学模式，国内外的不同学科对此模式已有充分的教学研究和实践，而天文教育还未曾做过相关论述。本研究利用借鉴-创新法建构出基于项目的天文探究教学模式，结合天文学科特色提出实现条件。基于大学生“探究中国古星图”项目，本文详细说明了此教学模式中选定项目、制定计划、活动探究、作品制作、成果交流和活动评价的操作过程。项目结束后，本研究获得了学生的项目成果，并采取访谈调查法研究学生的学习效果。结果显示，学生学习到中国星空知识和探究方法，提高了对天文的兴趣以及信息素养，证明了基于项目的天文探究教学模式的有效性。在此项目中，中国古星图的可视化是一种极具创新性的研究成果，它不仅被应用于天文教学的研究性训练，它对我国传播中国古星图文化有重要意义。

(6) 建构基于交互式漫游的天文辅导教学模式。WWTA 自 2012 年获得 NSF 基金后长期在美国中学实施 WWT VizLabs 的教学研究。它是利用 WWT 中可视化的数字星空、海量科学数据的资源环境、可交互的漫游形式制作探究式虚拟实验资源，辅助天文教育中疑难点的教学。



本研究一方面基于“月相与食”主题的 VizLab 教学经验，利用经验-归纳法建构出基于交互式漫游的天文辅导教学模式；另一方面以 VizLab 教学实践过程证明该教学模式的可行性。基于交互式漫游的天文辅导教学模式的核心内容为辅导式交互漫游的设计，引言、创设情境、交互学习、得出结论、拓展学习是漫游的基本框架。练习式漫游是辅导式漫游的变式。该教学模式具有教学辅导功能，能有效避免实物模型缺陷，帮助知识建构，突破时空限制，节省教师工作量，实现自适应学习。

综上所述，本研究既总领性地提出了天文教学模式的主要内容和建构方法，在此基础上又建构出三种基于 WWT 平台的具体教学模式。每种教学模式有其自身特色，适用的教学条件，对比如下表 7-1 所示。教师可以根据教学目标和教学内容选择恰当的模式实施天文教学。

表 7-1 三种具体教学模式的对比

	混合讲-探-创的天文教学模式	基于项目的天文探究教学模式	基于交互式漫游的天文辅导教学模式
建模方法	理论-演绎法	借鉴-创新法	经验-归纳法
理论基础	奥苏贝尔的有意义学习理论；多媒体学习认知理论；建构主义学习理论；创新教育理论；混合学习理论；多元智能理论	实用主义教育理论；建构主义学习理论；多元智能理论	行为主义学习理论；认知学习理论；教学设计理论
特征优势	半开放式课堂教学：基于信息技术实施天文探索；信息技术与天文教学的深度融合；有一个最终作品；以海量科学数据作为教学基础；填补了学习者对宇宙的直观印象	开放式教学：项目来源于生活；有一个最终作品；运用多学科知识；强调学习共同体；具有社会效益；在现实生活中探究；协作；创新	辅导；避免实物模型缺陷；动手操作；探索；突破时空限制；替代教师部分职能；独立性；自主性；自适应学习
操作程序	呈现先行组织者-讲解新内容-布置任务-实施探索-交流结果-创作作品-评价	选定项目-制定计划-活动探究-作品制作-成果交流-活动评价	辅导式漫游设计：引言-创设情境-交互学习-得出结论-拓展学习
实现条件	教师的基本教学技能；信息技术的支持；探索任务的选择；教学时间的分配；适用的教学对象；培养创新思维和创造力	选题合理；教师起管理与辅助的作用；学生要积极主动；有效整合信息技术	教育性：选题匹配课程教学，突出重点，攻克难点，有匹配的教学资料；交互性；艺术性
教学实践	中国大学天文选修课《苍穹的奥秘》的教学改革	中国大学 WWT 项目组实施《探究中国古星图》的研究	美国中学利用 WWT VizLab 交互式漫游学习《月相与食》
教学目标	直观地呈现丰富而专业的教学内容；讲授-探究结合；培养基础教育师资；创新	探究中国古星图；可视化星宿图；用漫游汇报探究成果	会使用交互式漫游探索月相形成的原因
评价方式	基于漫游作品的课内互评及课外师评	诊断性评价、形成性评价、终结性评价	练习册

7.2 未来工作展望

我国基础教育中缺乏天文学科，高等教育中多以天文选修课的形式存在，当前的天文教育研究成果也并不多见。这些事实一方面显示了我国天文教育以及天文教育研究的落后，一定程度上体现出了本研究对天文教育的意义；另一方面也说明了在我国开展天文教育研究的困难，再加上笔者受人力与时间的限制，本研究难免会出现捉襟见肘之处。剖析本研究的核心内容及不足之处有利于明确本文的研究价值和未来可以进一步开展的研究工作。本研究旨在论述先进的教育理论和基于科学数据的天文教育思想下，将信息技术整合至天文教学的意义、方式以及效果。分析天文教学模式的要素和建构方法，以三种具体的教学模式为不同目标和条件的现代天文教学提供参考。通过理论与实践论证它们的有效性及延展性，为未来天文教育研究抛砖引



玉。下一步研究工作介绍如下：

(1) 本研究中所提出的天文教学模式是在理论和实践的基础上建构而成的，基本上都是从无到有的过程。在实际天文教学条件下，能参与实验研究的教师、学生、课时非常有限，这就导致严格意义上的实验研究难以开展，在行动研究、调查研究等方法论证下的结果有相对的局限性。再者，教学模式本来就是在实践与改进中不断成熟的。因此，在未来的研究中，我们有必要结合教学反思继续实践这些教学模式，通过严格的教学实验验证教学模式中的细节。例如在混合讲-探-创的天文教学模式中，研究讲授环节和探究环节分别对学生创作创新的影响。通过前后测研究学生所掌握知识的深度与广度等。

(2) 从理论上来说，基于项目的天文探究教学模式适用于中学与大学，天文专业和非天文专业的学生。但是本研究仅在大学非天文专业的学生中采取教学实践。为了进一步验证该教学模式的有效性，以及在不同教学条件下的适应性，我们有必要在未来的天文教学中将该模式应用于中学或天文专业的教学。而且，未来的教学评价趋向于过程化和多元化。

(3) 本研究基于交互式漫游的天文辅导教学模式是在参与美国中学教学研究的基础上提炼而成。中美天文教育可能存在差异性，按照严格的经验-归纳法来说，此模式还没有在我国天文教育中进行再检验与完善。因此，该教学模式亟待在我国中小学或大学天文教学中付诸实践，检验我国天文教育利用 WWT 交互式漫游辅导或练习的效果。除此之外，教师还能尝试开发更多游戏式、虚拟实验式的教学漫游辅导学生学习，进一步研究不同形式的交互式漫游对学生学习天文的辅导作用。

(4) WWT 软件平台与天文教学整合的方式有多种，但是在天文教学资源共享、交流、评价等层次上的整合有所欠缺。随着 WWT 软件的开源，未来教师或软件工程师可以在 WWT“社区”的基础上进行改良，为教学模式的实施提供更完善的信息技术支持。我们也期待其它新兴天文教育技术的出现，促进信息技术在天文教学中更广阔的应用。

(5) 天文科普教育是天文教育的一大重点，而本文只研究了正式天文教学中的信息化教学模式，不涉及非正式天文教育的信息化研究。实际上，非正式天文教育有着正式教育相同的困境，而 WWT 的真实科学数据环境，海量高清的天文图像，多样的交互娱乐终端，不受时空、天气、设备影响的优越性非常有助于开展户外科普活动、场馆内天文展示等非正式天文教育活动。因此，基于信息技术（或 WWT）的非正式天文教育研究值得成为下一个研究课题。

总之，我国天文科学工程项目如 LAMOST、FAST、NEOST、21CMA、CSRH、HXMT、POLAR、SONG 越来越多，国际项目 SKA、LSST、ALMA、TMT 等等更甚，每个项目都会产生海量科学数据，带来巨大的天文人才需求。这都预示着我国需要利用先进的信息技术积极培养适应新时代的天文研究型人才，天文教育不仅要提升学习者的天文科学素养，还要鼓励他们创造创新。因此，笔者希望本文基于 WWT 的天文教学模式研究对一线天文教师和天文教育研究者有借鉴、启发的价值，为我国天文教育事业的推进发挥作用。



参考文献

- [1] 中华人民共和国国务院. 国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)[EB/OL].
http://www.gov.cn/jrzq/2006-02/09/content_183787_6.htm, 2006-02-09.
- [2] 科学技术部. 国家“十一五”基础研究发展规划 [EB/OL].
http://www.most.gov.cn/kjgh/kjfzgh/200708/t20070824_52690.htm, 2006-10-30.
- [3] 国务院. 国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012—2030年）[EB/OL].
http://www.gov.cn/zwgk/2013-03/04/content_2344891.htm, 2013-03-04.
- [4] (美)斯蒂尔(Steele, J. M.)著, 关瑜桢 译. 中东天文学简史 [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2014.
- [5] 王宗穆. 常见的十大天文谬误 [J]. 天文爱好者, 2012, (6): 37.
- [6] Schatzman, E. L. The Importance of Astronomy in Modern Education [J]. Annals of the New York Academy of Science, 1972, 198(1): 104-108.
- [7] 祝智庭. 教育信息化: 教育技术的新高地 [J]. 中国电化教育, 2001, (2): 5-8.
- [8] 顾明远, 石中英. 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010-2020年)解读 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2010, 10.
- [9] 李克东. 数字化学习(上)—信息技术与课程整合的核心 [J]. 电化教育研究, 2001, (8): 46-49.
- [10] 孙超, 张翠. Stellarium 天文软件在《行星地球》一章中的应用 [J]. 中学地理教学参考, 2011, (8): 31-32.
- [11] 阳迪成. Celestia 软件在《行星地球》教学中的应用 [J]. 中学地理教学参考, 2010, (9): 25-26.
- [12] 邓璐兵. 天文软件在中学天文教学中的应用探究 [D]. 广州大学, 2013.
- [13] 王琴. WWT 天文软件与电子双板教学环境 [A]. 南昌: 中国天文学会 2011 年学术年会 [C], 2011.
- [14] 徐宝芳, 方晓颖, 王瑜. 数字化地理教师的功能及其应用建议 [J]. 中学地理教学参考, 2015, (3): 26-27.
- [15] 何克抗. 信息技术与课程深层次整合的理论与方法 [J]. 中国大学教学, 2005, (5): 43-48.
- [16] Qiao, C., Cui, C., Zheng, X. Xu, Y. Science Data Based Astronomy Education [C]. 2nd International Conference on Education Technology and Computer, 2010, (3): 519-523.
- [17] 乔翠兰, 崔辰州, 郑小平, 王琴, 徐艳. 基于真实数据的天文教学实践探索 [J]. 大学物



- 理, 2013, 32(6): 48-51.
- [18] Udomprasert, P. S., Goodman, A. A., Wong, C. WWT Ambassadors: WorldWide Telescope for Interactive Learning [J]. Astronomical Society of the Pacific Conference Series, 2012, (457):149-154.
- [19] 曾天山. 教育研究中的技术与方法 [J]. 教育理论与实践, 2008, 28 (4): 12-16.
- [20] 汪利兵等. 教育行动研究: 意义、制度与方法 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2003, 8.
- [21] 岳亮萍. 中小学教师怎样进行课题研究(三)—教育科研方法之教育调查研究法 [J]. 教育理论与实践, 2008, (3): 46-48.
- [22] 柯惠新, 黄京华, 沈浩. 调查研究中的统计分析法 [M]. 北京: 北京广播学院出版社, 1992.
- [23] Sanders, N. E., Faesi, C., Goodman, A. A. A New Approach to Developing Interactive Software Modules through Graduate Education [J]. Journal of Science Education and Technology, 2013, 23(3): 431-440.
- [24] 李向东. 高校天文教育的思考 [J]. 科学, 2007, 59(5): 32-34.
- [25] 唐玉华. 南京大学的天文教育 [J]. 云南天文台台刊, 2003, (1): 113-118.
- [26] 袁启荣. 高校天文选修课教学实践中的困难和挑战 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(3): 233-235.
- [27] 张燕平, 杨静, 杜升云, 刘学富, 张同杰. 多媒体教学手段在天文教育中的应用—天文教学系列软件“探索宇宙”简介 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(3): 297-299.
- [28] 刘高潮, 乔翠兰, 赵永恒, 郑小平. 虚拟天文台与天文教育 [A]. 第六届海峡两岸天文推广教育研讨会论文集 [C]. 2004, 55-58.
- [29] 王琴. 天文软件在地理课内课外的应用策略研究 [J]. 中学地理教学参考, 2015, (24): 51-53.
- [30] 赵明胜. 天文望远镜软件 WorldWide Telescope 在《行星地球》一章中的应用 [J]. 中学地理教学参考, 2013, (9): 41-43.
- [31] 杨鹏, 唐东立. 重庆石新路小学的天文教育: WWT 互动式数字天象厅之运用 [J]. 天文爱好者, 2014, (3): 95.
- [32] 王宗月, 李璐. 基于 ASSURE 模式的 WWT 天文教学设计 [J]. 雄楚师范学院学报, 2012, 27(3): 89-92.
- [33] 武兵. 初中天文科普活动中信息技术的应用研究 [D]. 山东师范大学, 2012.
- [34] National Research Council. National Committee on Science Education Standards and Assessment [S]. Washington, D.C.: The National Academy Press, 1996.
<http://www.nap.edu/catalog/4962.html>



- [35] 吴志伦. 开好天文选修课, 积极开展天文科普活动 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(3): 317-318.
- [36] 张立云, 李明, 皮青峰. 高校天文协会对天文科普教育事业发展的作用探究—以贵州大学天文爱好者协会为例 [J]. 赤峰学院学报(自然科学版), 2014, 30(7): 42-43.
- [37] 哈尔滨市奋斗小学. 开发“天文科普”校本课程, 培养学生科学探索精神 [J]. 黑龙江教育, 2004, (1): 21-22.
- [38] 王琴, 田海俊. 湖北省天文学会学术交流助理天文科普 [J]. 天文爱好者, 2015b, (8): 92-93.
- [39] 新华社. 20日在天宫一号里成功进行我国首次太空授课 [EB/OL].
http://www.gov.cn/jrzq/2013-06/20/content_2430383.htm, 2013-06-20.
- [40] Stroud, N., Groome, M., Connolly, R., Sheppard, K. Toward a Methodology for Informal Astronomy Education Research [J]. Astronomy Education Review, 2007, 5(2): 146-158.
- [41] 王琴. 10个值得关注的国外天文网页 [J]. 太空探索, 2014, (8): 43-45.
- [42] 王琴. 太空中的生活—生活篇(衣食住娱) [J]. 太空探索, 2012, (7): 48-49.
- [43] Madsen, J. Getting Science beyond the Research Community: Examples of Education and Outreach from the IceCube Project [EB/OL]. arXiv: 1110.1600v1, 2011.
- [44] Gould, R., Dussault, M., Sadler, P. What's Educational about Online Telescopes? : Evaluating 10 Years of Micro Observatory [J]. The Astronomy Education Review, 2007, 2(5): 127-145.
- [45] 张燕平, 陈黎. 深化改革, 推动我国高等院校天文教育的发展 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(3): 221-223.
- [46] Fan, J. H., Zhang, J. S., Zhang, J. Y., Liu, Y., Wang, H. G. Astronomy Education for Physics Students [J]. Journal of Astrophysics and Astronomy, 2011, 32(3): 331-332.
- [47] 刘高潮. 虚拟天文台天文教育平台研究 [D]. 华中师范大学, 2005, 5.
- [48] 杨大卫. 大力开展天文教学研究 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(3): 238-240.
- [49] 马力. 师范院校应成为普及天文知识教育的重要阵地 [J]. 曲靖师范学院学报. 2005, 24(6): 111-113.
- [50] 刘菁. 浅论青少年天文科普活动的现状与发展对策 [J]. 大众科技, 2012, (5): 143-146.
- [51] 赵娟. 天文公共选修课教学的一点体会 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(3): 247-248.
- [52] 李化南. 普通高校天文公选课的构建 [J]. 沈阳教育学院学报, 2008, 10, (2): 47-49.
- [53] 李峰. 高校天文公选课的一些新探索 [J]. 玉林师范学院学报(自然科学), 2014, 35(2):



153-156.

- [54] 唐利里. 信息技术给天文教育一片“星空”—浅谈远程控制在天文教学中的运用 [J]. 科学大众, 2013, (6): 92, 29.
- [55] 朱肇瑞. 天文教学中的科学素质教育 [J]. 云南师范大学学报, 1999, 19(5): 77-79.
- [56] 孙艳春. 天文专业基础课的教学改革和全校天文公选课的设想 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(3): 240-243.
- [57] 张文昭, 张燕平, 邓凯莹, 白宇, 张竹梅, 高健. 天文实践教学数字资源库建设 [J]. 大学物理, 2013, 32(6): 58-59.
- [58] Wallace, C. S., Prather, E. E., Duncan, D. K. A Study of General Education Astronomy Students' Understandings of Cosmology. Part I. Development and Validation of Four Conceptual Cosmology Surveys [J]. Astronomy Education Review, 2011, 10(1): 61-80.
- [59] Palen, S., Proctor, A. Astronomy in the K-8 Core Curriculum: A Survey of State Requirements Nationwide [J]. Astronomy Education Review, 2007, 5(1):23-35.
- [60] Trundle, K. C., Atwood, R. K., Christopher, J. E., Sackes, M. The Effect of Guided Inquiry-Based Instruction on Middle School Students' Understanding of Lunar Concepts [J]. Research in Science Education, 2010, 40(3): 451-478.
- [61] Fraknoi, A. Images on the Web for Astronomy Teaching: Image Repositories [J]. Astronomy Education Review, 2008, 7(1): 132-138.
- [62] Impey, C. D., Hardegree-Ullman, K. K., Patikkal, A., Srinathan, A., Austin, C. L., Ganesan, N. K., Guvenen, B. C. A New Online Astronomy Resource for Education and Outreach [J]. Astronomy Education Review, 2013, 12(1): 010301-1--010301-9.
- [63] Brunsell, E., Marcks, J. Identifying a Baseline for Teachers' Astronomy Content Knowledge [J]. Astronomy Education Review, 2004, 3(2): 38-46.
- [64] Kanli, U. A Study on Identifying the Misconceptions of Pre-Service and In-Service Teachers about Basic [J]. Astronomy Concepts. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 2014, 10(5): 471-479.
- [65] McCray, R. Planetfinder: An Online Interactive Module for Learning How Astronomers Detect Extrasolar Planets [J]. Astronomy Education Review, 2006, 5(2): 217-225.
- [66] Borne, K. D. Astroinformatics: Data-Oriented Astronomy Research and Education [J]. Earth Science Informatics, 2010, (3): 5-17.
- [67] Miller, S. T., James, C. R. The Effect of Animations within PowerPoint Presentations on Learning Introductory Astronomy [J]. Astronomy Education Review, 2011, 10(1): 1-13.
- [68] Robertson, T. H., Finch, W. H. Assessment of Large General Education Astronomy Classes



- [J]. *Astronomy Education Review*, 2005, 4(2): 28-53.
- [69] Sadler, P. M., Coyle, H., Miller, J. L., et al. The Astronomy and Space Science Concept Inventory: Development and Validation of Assessment Instruments Aligned with the K-12 National Science Standards [J]. *Astronomy Education Review*, 2010, 8(1): 1-26.
- [70] Ciotti, J. E. Museums and Planetariums: Bridging the Gap between Hawaiian Culture and Astronomy through Informal Education-A Case Study [J/OL]. *Forum on Public Policy Online*, 2010, (2): 1-14.
- [71] Yocco, V., Jones, E. C., Storksdieck, M. Factors Contributing to Amateur Astronomers' Involvement in Education and Public Outreach [J]. *Astronomy Education Review*, 2012, 11(1): 1-11.
- [72] Mumford, G. S. *Astronomy@Home* [J]. *Astronomy Education Review*, 2008, 7(1): 103-112.
- [73] Raddick, M. J., Bracey, G. Gay, P. L., Lintott, C. J., Cardamone, C., Murray, P., Schawinski, K., Szalay, A. S., Vandenberg, J. *Galaxy Zoo: Motivations of Citizen Scientists* [EB/OL]. arXiv:1303.6886, 2013.
- [74] 姚建明. 我国高校开设天文选修课的探索 [J]. *中国科教创新导刊*, 2007, (17): 5-6.
- [75] Pi, F. P., Guan, K. Y., Wang, J., Wang, H. G., Liu, Y., Fan, J. H. *Astronomy Education Project for Guangdong High Schools* [J]. *Journal of Astrophysics and Astronomy*, 2014, (35): 585-586.
- [76] 何克抗. 我国教育信息化理论研究新进展 [J]. *中国电化教育*, 2011, (1): 1-13.
- [77] Roblyer, M. D. *Integrating Educational Technology into Teaching*, Third Edition [M]. Pearson Education Inc., 2003.
- [78] 李克东. 数字化学习(下)—信息技术与课程整合的核心 [J]. *电化教育研究*, 2001, (9): 18-22.
- [79] 李克东. 信息技术与课程整合的目标和方法 [J]. *中小学信息技术教育*, 2002, (4): 22-28.
- [80] 余胜泉, 吴娟. 信息技术与课程整合-网络时代的教学模式与方法 [M]. 上海: 上海教育出版社, 2004, 12.
- [81] 马宁, 余胜泉. 信息技术与课程整合的层次 [J]. *中国电化教育*, 2002, (1): 9-13.
- [82] 何克抗. 信息技术与课程深层次整合理论 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2008, 8.
- [83] 黄甫全. 试论信息技术与课程整合的基本策略 [J]. *电化教育研究*, 2002, (7): 24-29.
- [84] 陈卫东, 李芒. 论信息技术与课程整合的复杂性 [J]. *教育理论与实践*, 2003, (23): 59-61.
- [85] 李芒. 论信息技术与课程整合的含义、意义及原则 [J]. *电化教育研究*, 2004, (5): 58-62.



- [86] 曾祥霖, 张绍文. 论信息技术与课程整合的内涵、层次和基础 [J]. 电化教育研究, 2006, (1): 50-54.
- [87] 李龙. 信息技术与课程整合的理论和方法 [J]. 电化教育研究, 2007, (5): 73-78.
- [88] 赵可云, 何克抗. “设计研究”视角下信息技术与课程整合的思考 [J]. 中国电化教育, 2012, (1): 117-120.
- [89] 凌秋红. 基于“交互工具”进行小学数学探究性学习的思考与实践 [J]. 中国电化教育, 2011, (6): 95-98.
- [90] 杨晓梅. 信息技术与课程整合的实践—基础物理电磁学课程教学改革的尝试 [J]. 电化教育研究, 2007, (7): 68-71.
- [91] 付成安. 信息技术与初中物理课程整合之我见 [J]. 教育信息化, 2004, (9): 55.
- [92] 陆真. 信息技术与化学课程整合的研究 [D]. 南京师范大学, 2007.
- [93] 林小琳. 信息技术环境下生物课堂教学的革命性变化 [J]. 中国电化教育, 2012, (9): 114-116.
- [94] 李睿. 信息技术与课程整合的新趋向基于 iPad+Apps 的课程设计研究 [D]. 华东师范大学, 2013, 4.
- [95] 何克抗. 建构主义—革新传统教学的理论基础(上) [J]. 电化教育研究, 1997, (3): 3-9.
- [96] 王晶莹. 科学探究论 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2011.
- [97] Mayer, R. E. Multimedia Learning: Are We Asking the Right Questions? [J]. Educational Psychologist, 1997, 32(1): 1-19.
- [98] Mayer, R. E. Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning [J]. Educational Psychologist, 2003, 38(1): 43-52.
- [99] 刘儒德, 赵妍, 柴松针, 徐娟. 多媒体学习的认知机制 [J]. 北京师范大学学报(社会科学版), 2007, (5): 22-27.
- [100] 司莉, 邢文明. 国外科学数据管理与共享政策调查及对我国的启示 [J]. 情报资料工作, 2013, (1): 61-66.
- [101] 崔辰州. 大数据时代的天文学研究 [J]. 科学通报, 2015, 60(5-6): 445-449.
- [102] (荷)何锐思(Grijs, R.)著, 王琴 译. 十亿像素的相机, 你会怎么用? [J]. 天文爱好者, 2011, (12): 20-23.
- [103] 赵燕枫. 大数据, 大冲击 [J]. 决策与信息, 2014, (10): 6-9.
- [104] 赵永恒. 互联网时代的天文学革命—虚拟天文台 [J]. 科学, 2002, 54(2): 13-17.
- [105] Hey, T., Tansley, S., Tolle, K. The Fourth Paradigm: Data-Intensive Scientific Discovery [M]. Redmond: Microsoft Research, 2009.
- [106] Bell, G., Hey, T., Szalay, A. Beyond the Data Deluge [J]. Science, 2009, 323(5919):



1297-1298.

- [107] Longo, G., Brescia, M., Djorgovski, S. G., et al. Data Driven Discovery in Astrophysics [EB/OL]. arXiv: 1410.5631, 2014.
- [108] Cui, C., Zhao, Y. Worldwide R&D of Virtual Observatory [A]. In: Jin, W. J., Platais, I., Perryman, M. A. C., eds. A Giant Step: From milli- to micro-arcsecond Astrometry [C]. Proceedings of the International Astronomical Union (2007) Symposium S248, 2008, (3): 563-564.
- [109] Dunham, M. Data Mining Introductory and Advanced Topics [M]. New Jersey: Prentice-Hall, 2002.
- [110] Witten, I., Frank, E., Hall, M. A. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Third Edition [M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2011.
- [111] Messina, P., Szalay, A. S., et al. Building the Framework for the National Virtual Observatory [J]. Aorn Journal, 2001, 237(7): 1248-1251.
- [112] Borne, K., Jacoby, S., Carney, K., et al. The Revolution in Astronomy Education: Data Science for the Masses [EB/OL]. arXiv: 0909.3895v1, 2009.
- [113] 张静波. 大数据时代的数据素养教育 [J]. 科学, 2013, 65, (4): 29-32.
- [114] 缪其浩. 大数据时代: 趋势和对策 [J]. 2013, 65, (4): 25-27.
- [115] 黄力, 杨志良. 现代天文教育和研究平台-虚拟天文台 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(3): 300-302.
- [116] Freistetter, F., Iafrate, G. Ramella, M. and the AIDA-WP5 Team. The Sky is for Everyone-Outreach and Education with the Virtual Observatory [EB/OL]. arXiv: 1101.3061v1, 2011.
- [117] 李珊珊. 10岁小学生发现超新星, 虚拟天文台开启科研新模式 [EB/OL]. <http://astrocloud.china-vo.org/article/20151009082746>, 2015-10-09.
- [118] 乔翠兰, 吴娟, 刘高潮, 郑小平. 虚拟天文台与科学教育 [J]. 天文研究与技术, 2004, 1(3): 229-233.
- [119] Szalay, A., Gray, J. The World-Wide Telescope [J]. Science, 2001, 293 (5537): 2037-2040.
- [120] Wong, C. Building the WorldWide Telescope [J]. Acm Sigmod Record, 2008, 37(2): 67-69.
- [121] Goodman, A. & Wong, C. Browsing the Sky: WorldWide Telescope [J]. Sky & Telescope, 2015, (4):28-32.
- [122] 王琴. WorldWide Telescope 在美国的推广 [J]. 天文爱好者, 2015, (2): 92-93.
- [123] AAS. AAS Assumes Leadership of WorldWide Telescope [EB/OL]. <http://aas.org/media/press-releases/aas-assumes-leadership-worldwide-telescope>, 2016-01-19.



- [124] McCormick, B. H., DeFanti, T. A., Brown, M. D. Visualization in Scientific Computing [J]. ACM SIGBIO Newsletter, 1988, 10(1): 15-35.
- [125] 崔辰州. 天文学的 GS-WWT 时代 [J]. 天文爱好者, 2008, (7): 63-67.
- [126] WWT. WorldWide Telescope 网页版 [EB/OL]. <http://worldwidetelescope.org/webclient/>.
- [127] Wang, Q., Qiao, C., Zheng, X. Inquiry-based Learning of Astronomy with WorldWide Telescope [J]. International Journal of Learning and Teaching, 2015, 1(2): 134-138.
- [128] 王琴. 让火星更“立体” [J]. 中国国家天文, 2015, (10): 82-87.
- [129] 王琴等. 2012 年基于数字天空的天文教学培训—微软 WWT 在天文学中的应用 [M/OL]. <http://wwt.china-vo.org/resources/WWTrainingManual-V2012.pdf>, 2012.
- [130] 关凯莹, 王洪光, 乔翠兰. WWT 平台下的脉冲星数据可视化 [J]. 天文爱好者, 2014, (11): 81-85.
- [131] 万望辉. 天文科学数据共享政策及基于科学数据的科普教育研究 [D]. 华中师范大学, 2015.
- [132] WorldWide Telescope Ambassadors [EB/OL]. <http://wwtambassadors.org/>.
- [133] Udomprasert, P. S., Goodman, A. A., Sunbury, S., Zhang, et al. Visualizing Three-Dimensional Spatial Relationships in Virtual and Physical Astronomy Environments [A]. Polman, J. L., Kyza, E. A., et al. Learning and Becoming in Practice-The International Conference of the Learning Sciences [C], 2014, (3): 1511-1512.
- [134] Carmichael, A., Chini, J. J., Gire, E., Rebello, N. S., Puntambekar, S. Comparing the Effects of Physical and Virtual Experimentation Sequence on Students' Understanding of Mechanics [A]. Annual Meeting of the American Educational Research Association [C], 2010.
- [135] Udomprasert, P. S., Goodman, A. A., Sadler, P. M., et al. Optimal Model Order for a Moon Phases Lab with Virtual and Physical Components [A]. Annual Meeting of the American Educational Research Association [C], 2015, No.63.031.
- [136] Stories of WorldWide Telescope in Action. <http://wwtstories.org>.
- [137] 社科院语言室. 现代汉语词典(修订本) [M]. 北京: 商务印书馆, 1988.
- [138] 钟志贤. 信息化教学模式 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2005, 12 (2007.3 重印).
- [139] Joyce, B., Weil, M. Model of Teaching [M]. New Jersey: Prentice-Hall, 1972.
- [140] 叶澜. 新编教育学教程 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 1993.
- [141] 朱小蔓. 小学素质教育实践: 模式建构与理论反思 [M]. 南京: 南京师范大学出版社, 1999.
- [142] 张武升. 关于教学模式的探讨 [J]. 教育研究, 1988, (7): 60-63.
- [143] (美) 乔伊斯(Joyce, B.)等著; 荆建华, 宋富钢, 花清亮 译. 教学模式 (第七版) [M]. 北



京：中国轻工业出版社，2009, 1.

[144] Jonassen, D. H., Peck, K. L. Learning with Technology: A Constructivist Perspective. New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1999.

[145] 祝智庭. 现代教育技术—走进信息化教育 [M]. 北京：高等教育出版社. 2001.

[146] 刘清堂, 王忠华, 李书明. 网络教育资源设计与开发 [M]. 北京：北京大学出版社, 2009, 9.

[147] 祝智庭, 钟志贤. 现代教育技术—促进多元智能发展 [M]. 上海：华东师范大学出版社, 2003.

[148] 丛立新. 讲授法的合理与合法 [J]. 教育研究, 2008, (7): 64-72.

[149] 周军. 教学策略 [M]. 北京：教育科学出版社. 2003, 12.

[150] 刘景福, 钟志贤. 基于项目的学习(PBL)模式研究 [J]. 外国教育研究, 2002, 29(11): 18-22.

[151] 余胜泉, 马宁. 论教学结构—答邱崇光先生 [J]. 电化教育研究, 2003, (6): 3-8.

[152] 邵燕楠, 黄燕宁. 学情分析：教学研究的重要生长点 [J]. 中国教育学刊, 2013, (2): 60-63.

[153] 吴刚. 浅谈教育评价方案 [J]. 上海教育, 2000, (7): 14-15.

[154] 胡庆芳, 程可拉. 美国项目研究模式的学习概论 [J]. 外国教育研究, 2003, 30(8): 18-21.

[155] 水建军. 基于项目学习模式下初中数学活动课的教学过程建构与研究 [D]. 陕西师范大学, 2013.

[156] 杨勇诚. 初中物理教学中引入项目学习的实践研究与启示 [J]. 中学教学参考, 2012, (6): 38-41.

[157] 杨荣米. 中学化学教学中基于项目的学习模式的理论探索与实践研究 [D]. 江西师范大学, 2004.

[158] 胡英山. 基于项目的学习在中学地理教学中的应用 [J]. 中学地理教学参考, 2014, (10): 27-29.

[159] 兰英娴. 基于项目学习在生物教学中的应用 [D]. 东北师范大学, 2008.

[160] 高志军, 陶玉凤. 基于项目的学习(PBL)模式在教学中的应用 [J]. 电化教育研究, 2009, (12): 92-95.

[161] 齐红, 符祝芹. Blackboard 平台支持下的大学英语混合教学模式的实证研究 [J]. 西安外国语大学学报, 2007, 15(3): 84-87.

[162] 敖谦, 刘华, 贾善德. 混合学习下“案例—任务”驱动教学模式研究 [J]. 现代教育技术, 2013, 23(3): 122-126.



- [163] 张金磊, 王颖, 张宝辉. 翻转课堂教学模式研究 [J]. 远程教育杂志, 2012, 30(4):46-51.
- [164] 中国大百科全书编辑委员会. 中国大百科全书·教育 [Z]. 北京: 中国大百科全书出版社, 1985.
- [165] 顾明远. 教育大词典·增订合编本(上) [Z]. 上海: 上海教育出版社, 1998.
- [166] 王策三. 教学论稿 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1985.
- [167] 杨延龙, 米涛, 唐琛. 基于多媒体学习认知理论的外语多媒体教学信息呈现方式研究 [J]. 外语电化教学, 2009, (130): 42-46.
- [168] 汪明, 曹道平. 认知符合理论的有效教学设计研究 [J]. 现代教育技术, 2013, 23(5): 16-19.
- [169] 《现代汉语词典》(修订本). 中国社会科学院语言研究所词典编辑室编. 北京: 商务印书馆, 1996.
- [170] 朱瑞富等. 创新理论与技能 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2013, 3.
- [171] 尹成湖等. 创新的理性认识及实践 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005, 7.
- [172] 刘道玉. 创造教育概论(第三版) [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2009, 4.
- [173] 徐芳瞿. 创新与创造教育(第二版) [M]. 上海: 上海教育出版社, 2001, 5. (2003, 3 重印)
- [174] 王永杰. 创新: 方法与技能实务 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2007, 2.
- [175] Rossett, A. The ASTD E-Learning Handbook [M]. New York: McGraw-Hill, 2002.
- [176] Driscoll, M. Blended learning: Let's get beyond the Hype [Z]. Learning and Training Innovations, 2002.
- [177] 李克东, 赵建华. 混合学习的原理与应用模式 [J]. 电化教育研究, 2004, (7): 1-6.
- [178] 黄荣怀, 马丁, 郑兰琴等. 基于混合式学习的课程设计理论 [J]. 电化教育研究, 2009, (1): 9-14.
- [179] 彭绍东. 从面对面的协作学习、计算机支持的协作学习到混合式协作学习 [J]. 电化教育研究, 2010, (8): 42-43.
- [180] 周红春. 基于 Blackboard 学习平台的混合学习模式的探索与实践 [J]. 电化教育研究, 2011, (2): 87-98.
- [181] 赵冬梅, 尹伊. 基于 Blackboard 平台的混合式学习模式教学实践探究 [J]. 现代教育技术, 2012, (9): 41-43.
- [182] 潘文涛. 基于网络资源的混合教学模式行动研究 [J]. 中国电化教育, 2006, (8): 49-51.
- [183] (美)迪克(Dick, W.), 凯瑞(Carey, L.). 庞维国等译. 系统化教学设计(第6版) [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2007.
- [184] 王琴. 教你做 WWT 宇宙漫游的总导演 [J]. 天文爱好者, 2015, (12): 88-89.



- [185] 汪流等. 中外影视大辞典 [M]. 北京: 中国广播电视台出版社, 2000, 1.
- [186] 吴钢. 现代教育评价教程 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2008, 1.
- [187] 教育部. 基础教育课程改革纲要(试行) [EB/OL].
http://www.moe.edu.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/moe_309/200412/4672.html,
2001-06-08.
- [188] 赵希文, 杨海. 大学生项目学习导论 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2012.
- [189] 陈已雄. 中国古星图 [M]. 香港: 康乐及文化事务署, 2007.
- [190] 伊世同. 中西对照恒星图表 [M]. 北京: 科学出版社, 1950.
- [191] 关凯莹. 基于 WWT 的探究性天文科普教育项目—动因设计和应用前景 [D]. 广州大学, 2015, 6.
- [192] Fesenmaier, K. Caltech Researchers Find Evidence of a Real Ninth Planet [EB/OL].
<https://www.caltech.edu/news/caltech-researchers-find-evidence-real-ninth-planet-49523>,
2016-01-20.
- [193] National Research Council. America's Lab Report: Investigations in High School Science. Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision [DB/OL]. S.R. Singer, M.L. Hilton, and H.A. Schweingruber, Editors. Board on Science Education, Center for Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press, 2006.
- [194] Klahr, D., Triona, L. M., Williams, C. Hands on What? The Relative Effectiveness of Physical versus Virtual Materials in an Engineering Design Project by Middle School Children [J]. Journal of Research in Science Teaching, 2007, 44(1):183-203.
- [195] Liu, X. Effects of Combined Hands-on Laboratory and Computer Modeling on Student Learning of Gas Laws: A Quasi-Experimental Study [J]. Journal of Science Education and Technology, 2006, (15): 89-100.
- [196] EAGER: A Prototype WorldWide Telescope Visualization Lab Designed in the Web-based Inquiry Science Environment [EB/OL].
<http://circlcenter.org/eager-a-prototype-worldwide-telescope-visualization-lab/>.
- [197] WWTA. Classroom Tours [EB/OL].
<http://wwtambassadors.org/book/wwt-tours-lesson-plans>.
- [198] American Association for the Advancement of Science. Project 2061, Benchmarks for Science Literacy [EB/OL]. <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>, 1993.
- [199] Kavanagh, C., Agan, L., Sneider, C. Learning about Phases of the Moon and Eclipses: A Guide for Teachers and Curriculum Developers [J]. Astronomy Education Review, 2005,



4(1):19-52.

- [200] Reinfeld, E. L., Hartman, M. A. The Kinesthetic Life Cycle of Stars [J]. *Astronomy Education Review*, 2009, 2(7): 158-175.
- [201] WWT in Astro 101 Labs [EB/OL]. <http://wwtambassadors.org/wwt-astro-101-labs>.
- [202] Padilla, M. J. *Science Explorer: Astronomy* [M]. New Jersey: Prentice Hall, 2004.
- [203] 刘学富. *基础天文学* [M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [204] Sadler, P. M., Coyle, H., Miller, J. L., et al. The Astronomy and Space Science Concept Inventory: Development and Validation of Assessment Instruments Aligned with the K-12 National Science Standards [J]. *Astronomy Education Review*, 2010, 8(1): 1-26.
- [205] Linn, M. C. Designing the Knowledge Integration Environment [J]. *International Journal of Science Education*, 2000, (22): 781-796.
- [206] 中国社会科学院语言研究所词典编辑室. *现代汉语词典·第二版* [M]. 商务印书馆, 1983.
- [207] 皮连生, 王小明, 胡谊. *教学设计(第2版)* [M]. 北京: 高等教育出版, 2009.9.



附录一：《太阳系》漫游脚本

【作品简介】本期《鲁豫有约之宇宙漫游系列》邀请“地球”前来作客，为我们讲述太阳系家族内部的故事。本片主要介绍太阳和类地行星，在片尾以预告的形式简略介绍类木行星及其它。

【配音表】导演：同学 A；**鲁豫**：同学 B；**地球**：同学 C；**金星**：同学 D；**火星**：同学 E

【开场白】

导演：太阳系，在银河系的臂膀之中，孕育着一颗不平凡的行星。（稍停顿）她，是太阳系中的第三颗行星；她，有着白天黑夜，四季变换；她，孕育了生命，使得人与自然共生……（稍停顿）今天鲁豫请来特别嘉宾，为我们讲述一个宇宙星系家族内部的故事。

【介绍地球】

鲁豫：欢迎“地球”来到我们的节目现场。（鼓掌）

地球：很荣幸能作为代表将我所在的太阳系家族介绍给大家。

鲁豫：你们家族主要由一颗恒星、八大行星组成。

地球：对，这是我特地拿来的全家福。（很有感情的、鼓掌）

【介绍太阳】

鲁豫：（欣赏）很漂亮。为什么没看到太阳？它是太阳系的核心啊！

地球：（偷笑）呵呵，因为他的体积太庞大啦，我们八个站好之后，就已经没他的位置了。所以他单独照了一张。

鲁豫：能介绍一下太阳是怎样的星体么？

地球：太阳是一颗恒星，质量占整个太阳系的 99.87%，体积是地球的 130 万倍。别看它个头大，它还喜欢和我还有月球玩儿“躲猫猫”的游戏。这是 2009 年 7 月 22 日，在湖北武汉的人们看到的日全食过程。

鲁豫：（好奇）我在太阳上看到了一些黑点，这是我看错了吗？

地球：没有啦。这些是“太阳黑子”，是太阳活动中最基本、最明显的。太阳黑子其实并不黑，只是它的温度比周边低一、二千度。黑子的形成周期短，形成后几天到几个月就会消失，新的黑子又会产生。

【介绍水星】

鲁豫：嗯……原来是这样。在太阳系中，谁离太阳最近？

地球：那当然是水星咯！

鲁豫：水星？我还以为我见到月球了呢！（感叹）

地球：水星上面也是有环形山，还有辐射纹、平原等地形。它是八大行星中体积最小，速度最快的行星，平均 88 天绕太阳一周，而我需要 365 天。



【介绍金星】

鲁豫：我知道金星排行老二，她离你最近。你和她的联系最多吧？

地球：哪儿啊？地球上的人都知道，只有在清晨和傍晚短短的几个小时才能一睹维纳斯的光彩。

鲁豫：今天我要给你一个惊喜，因为我们把金星也请来了。（鼓掌）

金星：大家好，我是金星。从地球上看，我的亮度仅次于太阳和月亮，而且我有位相变化，所以，很多天文爱好者都喜欢拿望远镜看我。

鲁豫：的确。很多人都会被你那耀眼的光芒所吸引。还有不少人给你写诗呢！我们来看一看。

（停顿）（画面出现诗词）

金星：谢谢！太感动了！（停顿）其实我没他们说的那么好。我表面覆盖硫酸云，云层下的大气几乎都是二氧化碳组成的。由于强烈的温室效应，平均温度高达 464℃。还有，我的自转方向是由东向西的哦，所以太阳在金星上是打西边升起的。

鲁豫：由于金星事务繁忙，我们就不多耽误她的时间了。（鼓掌欢送）

【介绍火星】

鲁豫：我对火星有极大的兴趣，我曾想着去那儿旅游呢，能介绍一下他吗？

（画面出现去往火星车票）

地球：我们来看一下这个短片就知道了。

火星：大家好！我是火星，下面我带你们随便看看吧。这是我的极冠。这里面可不全是冰，还有二氧化碳在低温下凝结成的干冰。这是奥林匹斯山，是太阳系最大的火山，比两个珠穆朗玛峰叠加都还高。（它在地表上的高度有 24 千米，是太阳系中最大的山脉。它的基座直径超过 500 千米，并由一座高达 6 千米的悬崖环绕着；珠穆朗玛峰海拔为 8844.43 米）

（切换至“全景”）人类对我非常友好，时常会发送一些玩具给我。他们为我拍照，检测大气的成分，还在我上面寻找是否有生命。我非常欢迎人类到我上面居住。

鲁豫：谢谢火星的盛情邀请。

今天我们和地球聊得非常愉快，也学到了很多，我们期待下期节目。

【下集预告】明日请继续收看……（字幕，竖）

导演：为何从木星开始就是外行星，内行星外行星存在怎样的区别？（较长停顿）

鲁豫：木星的体积是最大的。它的大红斑是怎么回事儿？

地球：这与它的气候变化有关。（较长停顿）

导演：土星的光环从何而来？

鲁豫：这环非常漂亮，我们能看清是一层层的。

导演：人类又是如何研究遥远的天王星和海王星？冥王星为何从大行星降级为矮行星？敬请收看下期节目。

（字幕出现《鲁豫有约之宇宙漫游系列》-太阳系（下））



附录二：《苍穹的奥秘》课程问卷试题

我是在校研究生，从事天文教育的研究工作。这份调查主要目的是通过您的回答了解 WWT 软件应用于《苍穹的奥秘》课程教学中的效果，从而为以后的教学方式提供参考。本调查问卷只用于科学研究，绝不作其它用途。

本问卷共 20 题，请根据您个人的主观感受和判断回答，并在最接近您想法的答案处打“√”或在划横线的地方填上答案。感谢您的协助和支持，祝您学习生活愉快！

基本信息 性别： 男 女 专业类别： 文科 理工科

1. 您是否喜欢WWT软件教学环节：
A. 非常喜欢 B. 比较喜欢 C. 一般 D. 不太喜欢 E. 完全不喜欢
2. 您认为学习WWT软件是否有用：
A. 非常有用 B. 比较有用 C. 一般 D. 不太有用 E. 完全没用
3. WWT软件使您对天文的兴趣：
A. 有很大提高 B. 有一点提高 C. 没有提高 D. 有点降低 E. 完全磨灭
4. WWT软件促进您使用真实望远镜的想法：
A. 非常同意 B. 比较同意 C. 一般 D. 不太同意 E. 完全不同意
5. 您是否愿意向其他人推荐此课程，并说明有WWT软件教学内容：
A. 非常愿意 B. 比较愿意 C. 一般 D. 不太愿意 E. 完全不愿意
6. 您以后是否还会使用WWT软件：
A. 肯定会 B. 很有可能 C. 不太可能 D. 绝对不会
7. 除WWT软件以外，您是否对其它天文软件感兴趣，如有请举例：

8. 您认为，WWT软件教学在整个课程中的重要性程度：
A. 非常重要 B. 比较重要 C. 一般 D. 不太重要 E. 完全不重要



9. 您对WWT软件功能的熟悉程度:

- A. 非常熟悉 B. 比较熟悉 C. 一般 D. 不太熟悉 E. 完全不熟悉

10. WWT软件对您认识天体的帮助程度:

- A. 非常有帮助 B. 比较有帮助 C. 一般 D. 不太有帮助 E. 完全没帮助

11. 您在WWT实验课上与其他同学交流的程度:

- A. 非常多 B. 比较多 C. 一般 D. 不太多 E. 完全没有

12. 您在WWT实验课上对哪些内容感兴趣: (可多选)

- A. 制作漫游 B. 模拟天象 C. 深空天体 D. 太阳系天体 E. 其他

13. 您认为WWT软件在哪些方面体现教学优势: (可多选)

- A. 形象直观 B. 数据真实 C. 制作漫游 D. 操作容易 E. 信息量大

- F. 不受时空天气影响 G. 补偿观测 H. 其它

14. 您认为在使用WWT软件学习的过程中, 受以下因素影响: (可多选)

- A. 硬件 B. 网络 C. 语言 D. 界面 E. 知识储备

- F. 其它

15. 您对课程设置还有哪些建议:

16. 您对自己漫游作品的满意程度:

- A. 非常满意 B. 比较满意 C. 一般 D. 不太满意 E. 完全不满意

17. 您是否愿意分享漫游作品:

- A. 非常愿意 B. 比较愿意 C. 一般 D. 不太愿意 E. 完全不愿意

18. 您花在制作该漫游作品的时间总计约:

- A. 2小时以内 B. 2-4小时 C. 4-6小时 D. 6-8小时 E. 8小时以上

19. 您是否愿意继续创作其它漫游作品:

- A. 非常愿意 B. 比较愿意 C. 一般 D. 不太愿意 E. 完全不愿意

20. 您对期末考核方式有哪些建议:



附录三：可视化中国古星图经验总结

WWT 再现中国古星图

王静（华中师范大学物理学院）

一、中国古星图的可视化

1. 掌握中国古星与星官的基本知识

了解中国古代星座体系，并对每个星座及其所包含星的数量和名称等相关知识进行查找和学习。

我们可以通过利用网络资源与《中国古星图》和《天上人间——中国星座的故事》等相关书籍，来查找中国古代星空的相关知识，并与西方的 88 个星座相对比，寻找其异同点。

通过学习，我们知道，中国星座不称星座，称“星官”。总的来说，中国星座大的框架是“三垣二十八宿”体系。“三垣”分别为紫微垣、太微垣和天市垣；而“二十八宿”被均分为 4 份时，各用一种动物名字来称呼，即“四象”：

东方苍龙：角、亢、氐、房、心、尾、箕；

北方玄武：斗、牛、女、虚、危、室、壁；

西方白虎：奎、娄、胃、昴、毕、觜、参；

南方朱雀：井、鬼、柳、星、张、翼、轸。

2. 确定中国古星对应的现今西方星名

我们可以通过《中西名对照表》和《中国古星图》等相关资料为基础，确定“三垣二十八宿”所含的古星对应的西方星名（中文），将其翻译成英文。例如，织女（星官名）——织女一（古星点名）——天琴 α （西名）——Alpha Lyrae（西译名）。

3. 查找古星的相关天文参数，并创建相关的数据表格

确定古星的相关天文参数过程，可以选择如下述所示的方法：

① 打开 WWT 软件，在界面上点击“搜索”（Search）菜单，在左边的灰色输入框内输入古星的西译名，在此输入框下方显示的与之对应的图片或漫游结果中选择你所找的星体。（如图 1-1 所示）



图 1-1

- ②单击你所找的星体的缩略图，界面会快速显示对象。
③通过利用“寻星镜显示器”进而确定该星体相关的天文参数（如图 1-2 所示）。（选中“标识结果”，所找的对象在天球中就会被标识出来，准确地知道该星体的位置。）

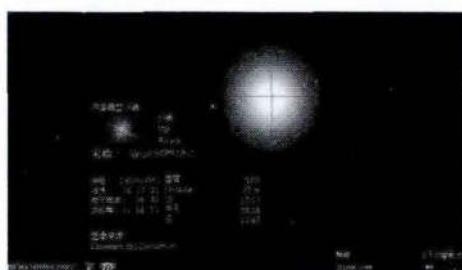


图 1-2

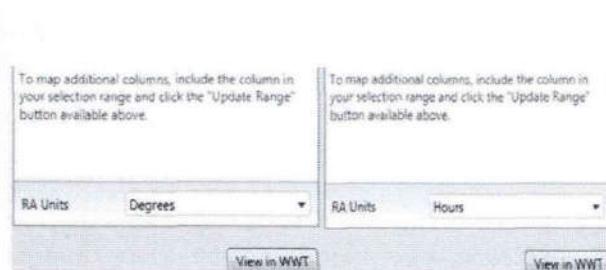


图 1-3

我们可以从“寻星镜显示器”（图 1-2）中，得到“织女一”星的名称除“Alpha Lyrae”外，还有“Vega”和“HIP91262”，相比较而言，“Alpha Lyrae”此名称更便于我们进行查找数据。

④对已确定的相关天文参数进行数据处理。
在“寻星镜显示器”中，我们可以知道星点的赤经和赤纬。根据 Add-in for Excel 的要求，需要将赤经赤纬的数据规范为 WKT 数值。如图 1-3 所示，如果在层管理器中的 RA Units（赤经的单位）为 Degrees（度）时，换算的方式为 $1h = 15^\circ$ ， $1min = 15'$ ， $1s = 15''$ 。如果赤经的单位选为 Hours（小时）时，只需将分、秒换算为小时，即 $1h = 60min$ ， $1min = 60s$ 。

下面以织女星为例：赤经格式为 $18h36m56s$ ，经 $(18+36/60+56/3600)$ 计算得到的赤经为 18.61556 小时，此外，经 $(18+36/60+56/3600) * 15$ 计算得到赤经为 279.2333 度；赤纬格式为 $38:47:01$ ，经 $(38+47/60+1/3600)$ 计算得到赤纬为 38.78361 度。

我们可以选取记录星等这一参数，为表现其亮度。同时，在绘制数据时，还可设置颜色这一参数，在可视化后，你可以在 WWT 视场内观测到星点显示出的颜色与你所设置的相符。（数据表格如图 1-4 所示）



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Name	RA	Dec	Magnitude	Color						
1	东方苍龙	亢宿	亢宿	亢宿一	室女 κ	Kappa Virginis	213.22	-10.27	4.19	white	
2				亢宿二	室女 ι	iotaa Virginis	214	-6.001	4.08	white	
3				亢宿三	室女 π	Phi Virginis	217.05	-2.228	4.81	white	
4				亢宿四	室女 λ	Lambda Virginis	214.78	-13.37	4.52	white	
5				大角	牧夫 α	Alpha Bootis	213.91	19.183	-0.04	yellow	
6				右摄提	右摄提一	Eta Bootis	208.67	18.398	2.68	green	
7				右摄提二	右摄提二	Tau Bootis	206.81	17.457	4.5	green	
8				右摄提三	右摄提三	Upsilon Bootis	207.37	15.798	4.07	green	
9											
10											

图 1-4

注：图 1-4 所列表格中的赤经数据单位为度。

4. 把 Excel 表格中星点数据在 WWT 中的可视化

①选择有效数据，即选中描述星点信息的参量和其列表下所需的数据（如图 1-5 所示）。单击“Visualize Selection”(可视化选择)按钮，且激活按钮“Layer Manager”（层管理器）（按钮显橙色，出现层管理器面板）。

RA	Dec	Magnitude	Color
213.2	-10.3	4.19	white
214	-6	4.08	white
217.1	-2.23	4.81	white
214.8	-13.4	4.52	white
213.9	19.18	-0.04	yellow
208.7	18.4	2.68	green
206.8	17.46	4.5	green
207.4	15.8	4.07	green

图 1-5



图 1-6

注：在此步骤中，我们仅选取了 DA、Dec、Magnitude、Color 这四个参数及其数据，作为可视化数据。而其他几列数据因为在 WWT 中没有对应项，所以在 WWT 的可视化时不被使用。

②在“Layer Name”（层的名字）右侧输入框输入你所命名的层名，如“star”。在“Reference Frame”（参考系）右边的下拉三角尖菜单中选择你 所设置的参考系，如“Sky”。（如图 1-6 所示）

③根据需要，可以更改可视化的参数及其数据，单击“Update Range”（更新范围）按钮，确定其更新范围。

④在右边下角选择赤经的单位，度或小时。

⑤单击“View in WWT”（在 WWT 中观看）按钮，在 WWT 的视场内，观看其星点情况（如图 1-7 所示）。



图 1-7

5. 创建星点连线 Excel 表格并使其在 WWT 中的可视化

①确定所需的星点连线的函数关系。

古星图中的星官也是由直线将各星点连接起来组成容易辨认的图形。若要依次连接星点 1、星点 2 和星点 3，则需要利用函数 Linestring()。括号中依次为星点 1、2、3 的赤经赤纬数值。赤经赤纬之间用空格隔开，星与星之间的数据用逗号隔开。多颗星的连接以此类推，如 Linestring(赤经 1 赤纬 1, 赤经 2 赤纬 2, 赤经 3 赤纬 3,)

②代入星点数据并制作成表格。

例如，亢宿 Linestring(217.05 -2.2280555,214 -6.0005556,213.2208 -10.273611,214.775 -13.3711111)。表格如图 1-8 所示。

	A	B	C	D	E
③	象名	星宿名	星官名	Geometry	Color
te Range	1 东方苍龙	亢宿	亢宿	Linestring(217.05 -2.2280555,	white
	2			214 -6.0005556,213.2208 -10.273611,	
	3			214.775 -13.3711111)	green

图 1-8

③星点连线在 WWT 中的可视化过程与星点数据在 WWT 中的可视化相同，显示效果如图 1-9 所示。

注：在此部分中，我们可以把“层的名字”命为“xingdianlianxian”；参考系仍选为“Sky”；可视化数据则可选择的是 Geometry 和 Color 这两列（原因同上）。



图 1-9

通过上述方法和步骤，我们可以把中国古星的星点及其连线的 Excel 数据在 WWT 中可视化。在图 1-10 中黄色的星点代表古星点，绿色的连线是相关的星点连线。



图 1-10

二、制作 WWT 中国古代星空漫游——“天市垣”

1. 确定制作的漫游内容，并查找相关资料，进而编写脚本

在漫游内容的确定上，我主要是从中国古星及星官名称的由来和意义出发，简单地介绍了“天市垣”。此外，还可以选取其他的不同角度，比如，中西方星空的不同点等。接下来根据漫游内容编写脚本并制作漫游。

2. 制作漫游的基本流程

- ① 创建一个漫游；
- ② 添加新的幻灯片；



- ③ 设定幻灯片的开始和结束摄影位置；
- ④ 在幻灯片中添加相关文字、图片、形状；
- ⑤ 设置文字、图片、形状等信息的显示效果；
- ⑥ 调整幻灯片播放的时间；
- ⑦ 为幻灯片命名、拍摄缩略图；
- ⑧ 添加声音，设置主幻灯片；
- ⑨ 修改并保存。

注：此部分详细操作，可参见其它章节。

3. 介绍漫游中的特殊技巧

效果一：在一个漫游中显示多层次数据

根据漫游内容的需要，可以把相关的“天市垣”的所有星点或星点连线数据保存在一个 Excel 表格中，数据层命名为“liangxing”或“xingdianlianxian（星点连线）”，接着在 WWT 中可视化。图 2-1 为天市垣所有星官的截图。

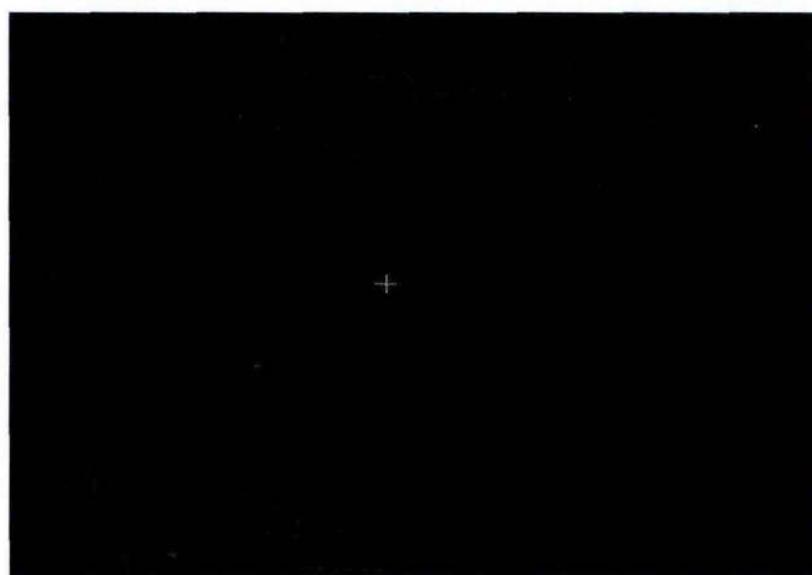


图 2-1

根据讲述不同星官的需要，创建单个星官连线的数据表格，分别在 WWT 中可视化，形成多个层次。为方便辨认每层数据表现的内容，建议给每层次命名。由于中国古代星官名称很特殊，且 WWT 的层面板中不显示中文，层次的名称可直接用汉语拼音。例如天市垣中有星官“guansuo（贯索）”“zongren（宗人）”“shilou（市楼）”等等。对应的层次如图 2-2 左边的层面板。在重点介绍某个星官时，可以在数据表格中的“Color”栏设置不同的颜色。图中的绿色线条代表了全天市垣的星官。而“shilou（市楼）”这一星官则用红色连线凸显。



图 2-2

在做漫游过程中，根据内容需要先在层面板中选择数据层次，即选中小方框里的“√”。可以同时选中多个层，也可以全部不选，灵活性非常高。选择好数据层后再添加幻灯片，对幻灯片进行编辑，最后保存即可。做好的漫游可在其它计算机上播放，呈现内容与制作漫游时相同，无需额外再次将数据导入 WWT 中。

效果二：制作导航界面，供观众自由选择内容

- ①添加一张应用链接的标识图。
- ②在该标识图上单击右键选择“Link to Slide(No Link)”，选择三种链接方式之一，即“Link to Slide(Select below)”“Link to Next Slide”“Return to Caller”。
- ③添加其它标识图，设置链接，形成导航界面（如图 2-3 所示）。

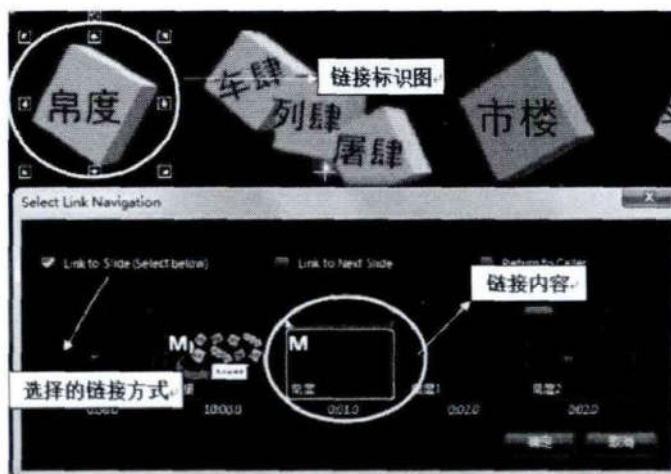


图 2-3

注：点击超链接后，漫游开始从指定幻灯片自动播放，直至结束。因此建议制作漫游时，设置返回导航界面的图标。将一个片段的最后一张幻灯片停留的时间稍微设置长一点。



效果三：声音的匹配

根据漫游内容表达方式的需要，可以选择录制声音，以增强内容的表现力。

- ①声音录制内容可选取所写的脚本或台词。
- ②使用录音软件进行录音工作（如，GoldWave、Cool Edit 和 Adobe Audition 等录音软件）。
- ③根据每段内容录制独立的音频文件，便于设置超链接。（如图 2-4 所示）

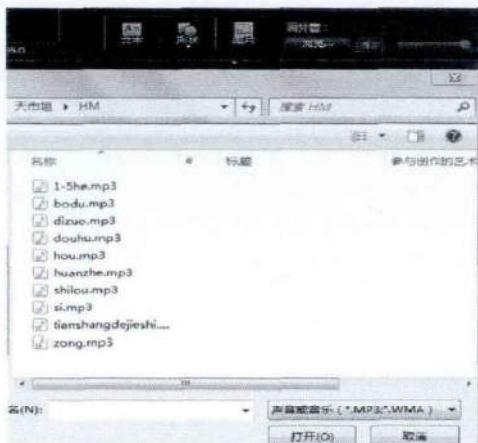


图 2-4

④录音结束后，可对声音进行加工处理（如，降噪、音调调节和剪切等）。

⑤根据设置主幻灯片的位置添加相应的音频文件。

注：“配音”和“制作漫游”这两部分的先后顺序根据个人经验选择。

通过上述步骤及相关技巧的运用，我们就可以制作出“天市垣”漫游。此漫游的制作主要运用以下软件：WWT、Add-in for Excel 插件、Excel，安装和使用方法分别详见《基于数字天空的天文教学培训—微软 WWT 在天文学中的应用》教师手册中介绍的《WWT 的安装与使用》和《WWT 的 Excel 插件——Excel 数据在 WWT 中的可视化》。

本附录图片略有删减，原文可见

《基于数字天空的天文教学培训—微软 WWT 在天文学中的应用》教师手册

<http://wwt.china-vo.org/resources/WWTTrainingManual-V2015.pdf>



附录四：探究中国古星图项目访谈提纲

(访谈前的说明) 我想跟你聊聊你参与 WWT 探究中国古星图的经历，因为我想了解你们的收获，并考虑是否继续这样的课题。我将问你一些问题，你根据自己的经历如实回答即可，我不会妄加评论。你回答的内容将被我用作统计分析，也有发表论文的可能性，但绝对不会公开个人信息和此次聊天记录，可以吗？(对方做出肯定回答后再开始提问)

1. 在参加此项目前，你有做过类似“基于项目的学习”的经历吗？具体是什么项目？
2. 参加此项目前有了解过中国星空的知识吗？通过怎样的渠道了解的？
3. 你选择了（星宿名称）进行可视化，完成了（漫游名称）的漫游，对吗？为什么会选择这几个星宿？
4. 你在项目中做了哪些工作？过程是怎样的？

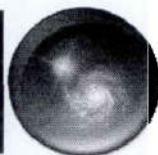
有遇到困难吗？如何解决的？(补充：有遇到星星对应不上的么？)

5. 通过该项目，你是否认识到中西星空体系的不同？哪些不同？
你是否认识到中国星空体系与古代社会生活的相关性？举例说明
6. 你认为 WWT 软件对你研究中国星空体系有何帮助？如可视化、制作漫游等
如果没有 WWT 软件，再让你学习这些知识，你感觉会如何？
7. 请你为下面的描述评分，1 分表示完全不同意，3 分表示中立，5 分表示完全同意。
通过该项目，我对中国古代天文学更加感兴趣了。
通过该项目，我对现代天文学更加感兴趣了。
通过该项目，我愿意继续用 WWT 软件探索宇宙。
8. 该项目结束后，你是否有再次播放漫游，或者向其他人介绍有关中国星空的知识？如提及星宿名称、天区、天象记录等等。
9. 你希望更多人了解中国星空吗？为什么？
10. 总体说来，你认为完成该项目你最大的收获是什么？例如科研训练、科学知识、历史文化方面等等。
11. 你参加工作以后，是否会因为该项目而想开设天文兴趣班（或是选修课，校本科）？



附录五：WWT VizLab 教学模块教案

WorldWide Telescope Ambassadors



注：此处只给出了使用 WWT 交互式漫游探究月相形成原因的教案。更完整的“月相与食”教学模块教案可在以下网址免费下载。

<http://betterlesson.com/community/lesson/452401/moon-phases-and-eclipses>

v. Dec 2014

Next Generation Science Standards Supported

- Scientific Practices:
 - Developing and Using Models
 - Constructing Explanations
- Crosscutting Concepts:
 - Patterns
 - Cause and Effect: Mechanism and Explanation
 - Scale, proportion, and quantity
- Disciplinary Core Ideas:
 - Earth and Space Sciences: The Earth and the Solar System
 - Earth and Moon have predictable patterns of movement
 - The Moon's orbit and the cause of eclipses
 - The causes of the phases of the Moon

Lesson Objectives

Students will:

- Understand what causes the Moon's phases and eclipses
- Be able to predict the phase of the Moon given a particular Sun-Earth-Moon configuration.



- Given a particular Moon phase, be able to predict where the Moon is in its orbit around Earth, relative to the Sun's location.
- Understand how models can help us understand complex phenomena, but they can also introduce misunderstandings if we are not mindful of inaccuracies in the models.

Key ideas to highlight throughout lesson

These will be emphasized throughout and summarized at the end, but it's preferable not to present these ideas all at once to students before beginning the lesson.

Phases:

- The Sun shines on HALF the Moon always.

The Moon has a daytime/nighttime side just like Earth. The parts of the Moon we see are the daytime side.

- How the Moon appears to us (what phase we see) depends on how much of the lit side is facing the Earth.
- How much of the lit side is facing Earth depends on where the Moon is in its orbit around Earth.

Earth-Sun-Moon system:

- The separations between the Earth and Moon and Sun are much, much farther apart than most people imagine them to be.
- The Moon's orbit around the Earth has a 5 degree tilt, making it rare for the Earth-Sun-Moon to lie in a straight line.
- When things happen to line up (roughly twice a year), you get solar and lunar eclipses. Most of the year, the Earth's shadow plays no role in changing the Moon's appearance.

Time required: Minimum three 45-minute class periods. (More if including extension discussions).

Materials Needed

- Day 1 (WWT Tour on Phases)
 - Enough computers with WWT installed so each pair of students (or each individual student) has one computer



- If needed, headphones with splitters, so pairs of students can listen to the tour together
- Put “Moon Phases Tour” on each desktop

Day 1

Preparation/Classroom Set-Up

- Not completely necessary, but it helps to push desks to the outside edges of room.
 - Students can sit at desks, but they should turn their chairs to face middle of room during discussion.
- *Optional: Administer Formative Assessment Probe:*
 - *Uncovering Student Ideas in Science, Vol. 1, Page Keeley, NSTA Press, pg 183, “Going through a Phase”*

WWT Tour

- Hand out “Day 1 WWT Activity Sheet.” Every student should have their own copy.
- Make sure computers are turned on and are running “Moon Phases Tour” WWT tour.
- The first slide teaches students how to navigate around the program, including how to pan around the view, and how to zoom in and out.
- Once students have had about 5-6 minutes to explore and feel comfortable, advance to the next slide by pressing the <right arrow> key.
- Students will have an opportunity to adjust the volume on their headphones before continuing the tour.
- Students should view the tour, following all instructions for making “observations” within WWT, and recording their ideas in the Activity Sheet.
- Help make sure students are correctly lined up in questions they’re answering versus what’s on their screens
- Most students will need a whole class period (~45 minutes) to complete the activities. You might plan some extension activities for students who finish early. There is an optional bonus question, and students who finish early can also continue to explore WWT on their own.



附录六：WWT VizLab 教学随堂练习册

Your Name: _____ Your partner's: _____

Fall 2014

Moon Phases WWT Activity

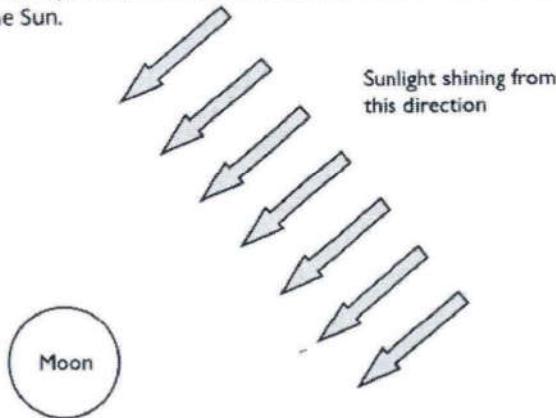
Instructions: You and your partner should **discuss your responses** to each question, then write your answers in your own packet.

3.1: Start WorldWide Telescope (WWT)

The WorldWide Telescope program should be open on your computer. If it is not, raise your hand, and an instructor will assist you. Follow the instructions in the program. Return to this packet when you are instructed to do so in the program

3.2: Which part of the Moon is lit?

- Imagine that the Sun is shining on the Moon from the direction indicated by the arrows.
- Shade the part of the Moon that you think will be dark. Leave white the part of the Moon you think will be lit up by the Sun.



- What fraction of the Moon is lit up at any time, and what gives the Moon its light?

At any time, _____ of the Moon is lit up by _____.
<what fraction>

- Describe in words why you think the dark part of the Moon is dark.

- Return to WWT. Come back to this packet when the WWT program instructs you to do so.

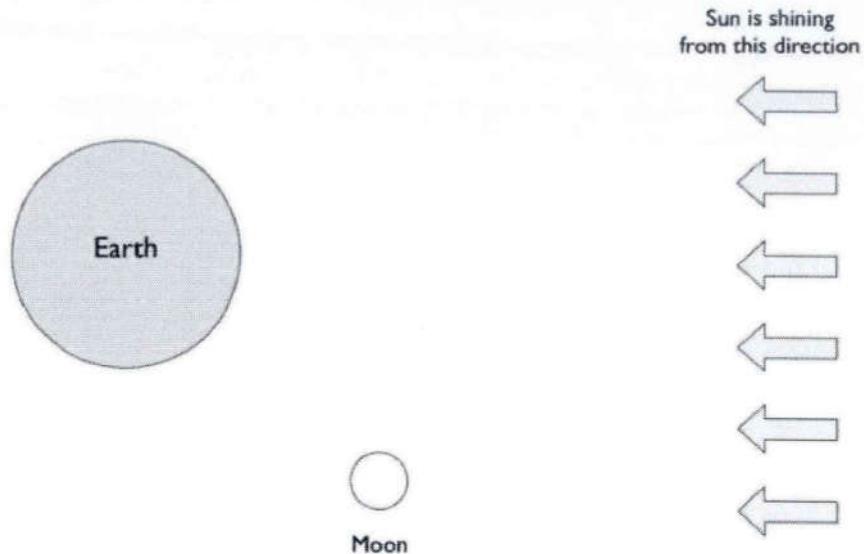


3.4: What will the Moon look like here?

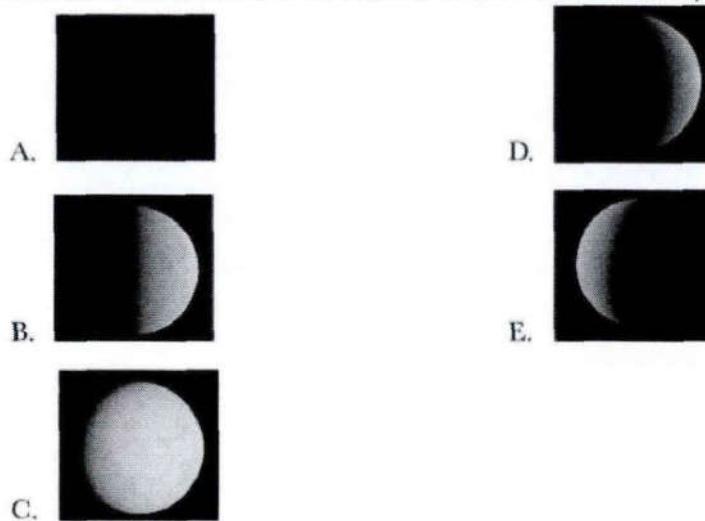
The Earth, Sun, and Moon are in the positions given by the diagram.

- a. Color the diagram to show which parts of the Moon and Earth are dark.
- b. Draw a line across the Moon to show which part of the Moon is facing an observer on Earth and which part is facing away from an observer on Earth.

Overhead view of the Earth/Sun/Moon Model



- c. Using only your shaded diagram above, make your best prediction of what the Moon in this location will look like to an observer in the Northern Hemisphere on Earth.





3.5 Return to WWT and make an “observation” to check your answer to 3.4.

Was your original answer correct? _____
<Yes No>

If you need help, raise your hand and ask an instructor.

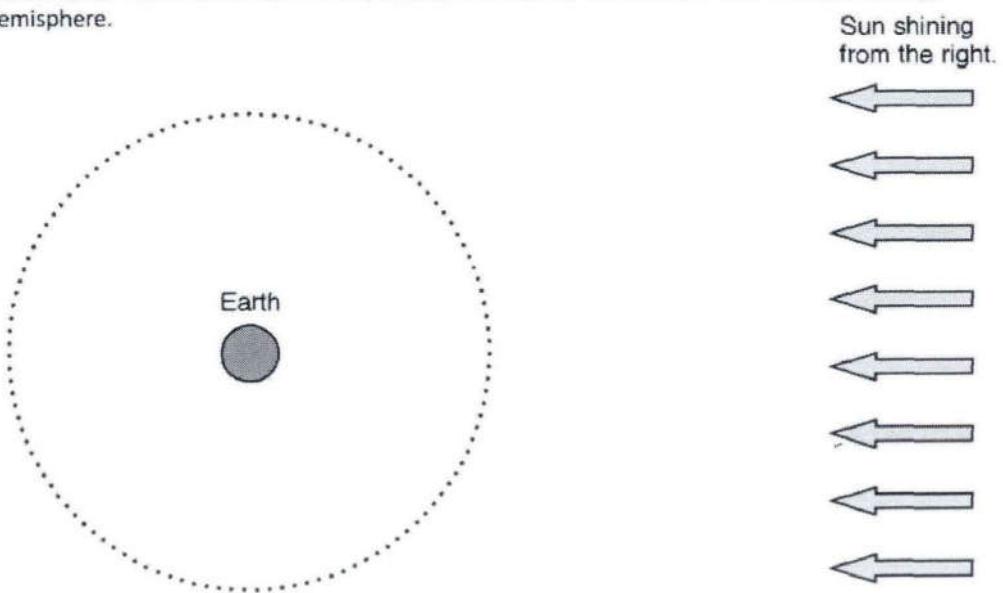
Continue in WWT and return here only when the program instructs you to complete question 3.6.

3.6 Where is this Moon located?

You see a Moon in the sky that looks like this.



Without using any models, draw an X on the diagram below, where you think this Moon is located in its orbit around Earth when it looks like the above Moon to a viewer in the Northern Hemisphere.



3.7 Return to WWT and make an “observation” to check your answer to 3.6.

Was your original answer correct? _____
<Yes No>

If you need help, raise your hand and ask an instructor. Continue in WWT.



3.8 What causes a new moon?

A new moon is a moon that is up somewhere in the sky, but you can't see it because it appears dark.

- a. Sketch a diagram showing where the Sun, Earth, and Moon are relative to each other when a new moon occurs. It's okay if your diagram is not to scale. Check each box as you go, to show that you have completed that step.

- Please label each object, so we know what they are!
 Use your pencil to shade the part of the moon that would appear dark.

- b. Explain what makes a new moon appear dark to an observer on Earth.

A new moon appears dark to an observer on Earth because _____

3.9 Bonus Challenge (If you have time):

This question is available separately if you would like to attempt it. Raise your hand and an instructor will get you a copy. Or you may choose to continue exploring independently in WWT.



3.9 Bonus Challenge (if you have time): What time does a New Moon rise and set?
Sketch a diagram of the Sun, Earth, and Moon when you would see a New Moon.

Imagine that the Sun rises at 6am and sets at 6pm where you live.

What time do you think the New Moon rises? (What time would the Moon appear in the sky if it were in a phase that you could see?)

What time do you think the New Moon sets? (What time would the Moon disappear from the sky if it were in a phase that you could see?)

Explain your reasoning.

If you get stuck, remember that the Sun appears to rise and set because the Earth is spinning, making the Sun appear and disappear from view. When would the New Moon appear and disappear compared with the Sun?



附录七：WWT VizLab 教学实验测试题

ASTRONOMY/MOON SURVEY

What are your ideas?

For the following statements, circle the letter that matches how much you agree or disagree with the statement:

	Strongly Agree		Strongly Disagree	
	Neutral		Neutral	
1. I think Astronomy is interesting.	A.	B.	C.	D.
2. I think Science is interesting.	A.	B.	C.	D.
3. Computer models are useful for understanding science ideas.	A.	B.	C.	D.
4. It would be fun to share what I know about Moon phase with family/friends.	A.	B.	C.	D.

Please let us know:

5. Have you learned about Moon Phases in school before?

- A. Yes, in grades K-3. B. Yes, in grades 4-5.
C. Both A. and B. D. No, never. E. I don't remember.

6. How often do you play video games?

- A. Everyday B. 2-4 times a week
C. 2-4 times a month D. Only occasionally E. Never

7. How often do you play video games with multiple perspectives?

- A. Everyday B. 2-4 times a week
C. 2-4 times a month D. Only occasionally E. Never

8. Are you male or female?

- A. Male (boy) B. Female (girl)



Page 1 of 7

ASTRONOMY/MOON SURVEY

What are your ideas?

Please answer all of the questions in this survey to the best of your ability. In some cases, there may be more than one correct answer. However, each question has only one best answer.

Choose the **single best answer** from the five choices for each question.

1. Can you see the Moon in a cloudless daytime sky?
 - A. Yes, but only during solar eclipses.
 - B. Yes, but only as the Sun is setting.
 - C. Yes, it can often be seen.
 - D. No, it's too far away to see in the daytime.
 - E. No, you can never see the Sun and Moon at the same time.

2. Which is the most accurate model of the Moon in relative size and distance from the Earth?
(The larger object in each model is the Earth.)

- A. 
- B. 
- C. 
- D. 
- E. 

Page 2 of 7



3. A group of friends at Pleasant Valley Middle School were talking about why the Moon's appearance can change.



Which student do you most agree with?

- A. Sidney: The Moon's appearance changes because clouds often cover the part of the Moon that we can't see.
- B. Dakota: As the Moon travels around the Earth, Earth's shadow blocks different amounts of the Moon, changing its appearance.
- C. Manny: The Sun lights up part of the Moon, and the amount of the lit up portion that faces the Earth determines the Moon's appearance.
- D. Min: The Moon can make its own light, and the amount of light it emits changes over time.
- E. I don't agree with any of them.

Explain why you think the student is correct.

I think _____ is right because _____

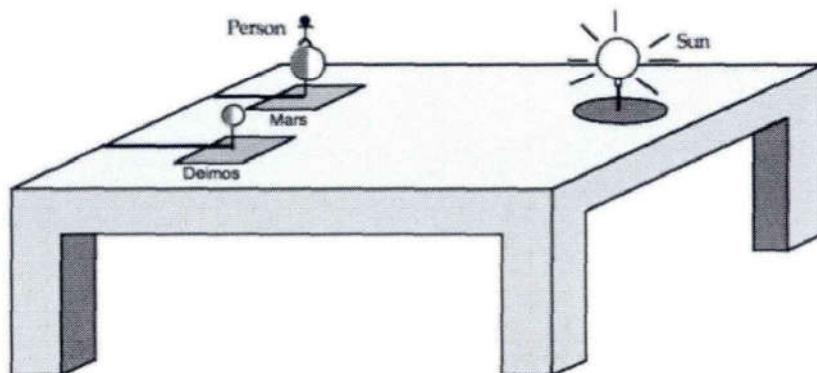
If you DON'T agree with any of them, why do you think the Moon's appearance changes?

I think _____



4. Below is a model of the Sun, Mars, and Deimos, one of Mars' moons. Imagine you are the person in the model, who is observing Deimos from the north pole of Mars. What would Deimos look like to you?

(Note: this model is NOT to scale, but that should not affect your answer.)



(In the choices given, white indicates light, and black indicates dark.)

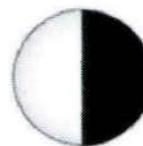
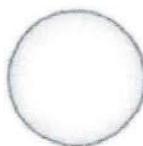
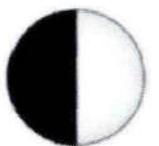
A.

B.

C.

D.

E.



5. An eclipse of the Moon can only occur:

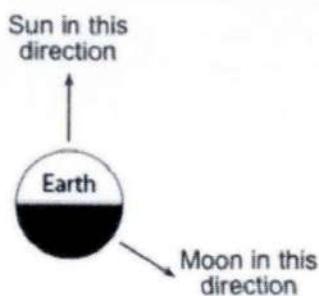
- A. when the Moon passes between the Earth and the Sun.
- B. when the Sun passes between the Earth and the Moon.
- C. when the Earth passes between the Sun and the Moon.
- D. when the Moon is closest to the Earth.
- E. when the Moon is farthest from the Earth.



6. Imagine you could look down from space at the Earth from far above its north pole. On a particular day, the Sun and Moon are in the directions shown by the arrows in the picture below.

What would the Moon look like to a person in Cambridge, MA facing the Moon?

(You may sketch on this diagram, as needed, to help you answer the question.)



(In the choices given, white indicates light, and black indicates dark.)

A.



B.



C.



D.



E.



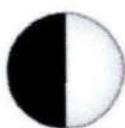
Explain why you chose this answer:

I chose this answer because _____



7. Which of the following pictures shows the appearance of the Moon when a solar eclipse occurs?
(In the choices given, white indicates light, and black indicates dark.)

A.



B.



C.



D.

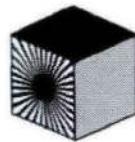


E.



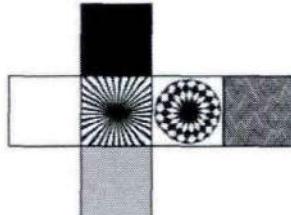
8. Which of the patterns when folded will make the cube shown?

Completed Cube

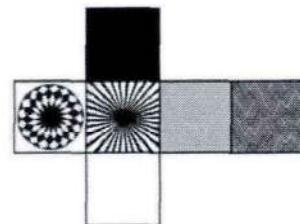


Patterns:

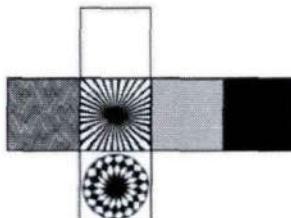
A.



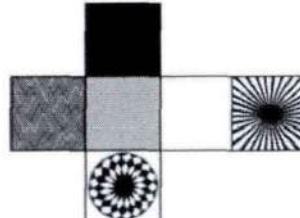
B.



C.



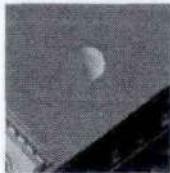
D.



E. None of the above



9. One day you notice a half Moon in the sky, as in this picture.



Below is a drawing of the Earth, taken from far above the North Pole.
On the drawing, sketch:

- I. Where you think the SUN and the MOON are located when the Moon looks like the one in the picture.
- II. Which part of the EARTH would be dark. (Use your pencil to darken the part that would be dark).
- III. Which part of the MOON would be dark. (Use your pencil to darken the part that would be dark).



Use your diagram to explain why you see a half Moon on this day.

We see a half Moon on this day because _____

Predict whether the Moon will appear different in one week and explain why.

One week later, the Moon _____ look different because _____
(will/won't)

Page 7 of 7



在读期间获得的科研及其它成果

◆ 学术论文:

- [1] 王琴. 天文软件在地理课内课外的应用策略研究. 中学地理教学参考, 2015, (24): 51-53.
- [2] Qin Wang, Cuilan Qiao, Xiaoping Zheng. Inquiry-based Learning of Astronomy with WorldWide Telescope. International Journal of Learning and Teaching (ISSN: 2377-2891), 2015, 1(2): 134-138.
- [3] P. Udomprasert, A. Goodman, P. Sadler...Q. Wang, L. Trouille. Optimal Model Order for a Moon Phases Lab with Virtual and Physical Components. Annual Meeting of the American Educational Research Association, 2015, No. 63.031.
- [4] 乔翠兰, 崔辰州, 郑小平, 王琴, 徐艳. 基于真实数据的天文教学实践探索. 大学物理, 2013, 32(6): 48-51.
- [5] Qin Wang, Cuilan Qiao, Xiaoping Zheng. Inquiry-based Learning of Astronomy with WWT. 3rd ICETC (ISBN: 978-981-08-9195-4), 2011, (1): 345-347.

◆ 学术会议报告、摘要及海报:

- [1] Udomprasert, Patricia S., Goodman, Alyssa A...Wang, Qin, et al. Visualizing Moon Phases in Virtual and Physical Astronomy Environments. Seattle: 225th American Astronomical Society Meeting, 2015, No. 327.08. (Presentation & Abstract)
- [2] Udomprasert, Patricia S., Goodman, Alyssa A...Wang, Qin, et al. Visualizing Three-Dimensional Spatial Relationships in Virtual and Physical Astronomy Environments. Boulder: 11th International Conference of the Learning Sciences. June 23-27, 2014. (Poster)
- [3] 王琴. 浅析美国天文教育、科研及科普实例-WorldWide Telescope Ambassadors. 西安: 中国天文学会 2014 年学术年会论文摘要集, pp: 35. (报告及摘要)
- [4] 王琴. WWT 天文软件与电子双板教学环境. 南昌: 中国天文学会 2011 年学术年会手册, pp: 86-87. (报告及摘要)

◆ 其它期刊文章及书籍:



- [1] 王琴. 教你做 WWT 宇宙漫游的总导演. 天文爱好者, 2015, (12): 88-89.
- [2] 王琴. 让火星更“立体”. 中国国家天文, 2015, (10): 82-87.
- [3] 王琴, 田海俊. 湖北省天文学会学术交流助力天文科普. 天文爱好者, 2015, (8): 92-93.
- [4] 王琴. WorldWide Telescope 在美国的推广. 天文爱好者, 2015, (2): 92-93.
- [5] 王琴. 10 个值得关注的国外天文网页. 太空探索, 2014, (8): 43-45.
- [6] 王琴. 众眼看宇宙. 太空探索, 2012, (4)-2013, (9).
- [7] 王琴. 太空中的生活-生活篇(衣食住娱). 太空探索, 2012, (7): 48-49.
- [8] 何锐思 (Richard de Grijs) 著, 王琴 译. 十亿像素的相机, 你会怎么用?. 天文爱好者, 2011, (12): 20-23.
- [9] 王琴, 乔翠兰等. 《基于数字天空的天文教学培训—微软 WWT 在天文学中的应用》教师手册, 2010-2015.

◆ 获奖作品:

第一届“微软杯”宇宙漫游制作大赛一等奖作品:《鲁豫有约之太阳系》漫游;

第一届“微软杯”宇宙漫游制作大赛三等奖作品:《室女座》漫游;

第二届 WWT 宇宙漫游制作大赛二等奖作品:《世界上最遥远的距离》漫游。



致 谢

行文至此，意味着我即将告别学生生涯，内心自然是激动不已却又思绪万千。自 2006 年踏入华中师范大学至今近十年光阴，我在这桂子山上顺利完成了本科、硕士、博士学业，这一路需要感谢的人很多。

还记得刚获得硕士研究生保送资格时，我便开始了解各导师的研究方向，直至参加了一次郑小平教授的课题组会，我便确定自己要从事天文教育信息化方向的研究，即便我当时对天文几乎一无所知。郑教授是致密天体物理研究领域的专家，同时悉心关注教育动态，这也是我能成为他弟子的原因。他思维活跃、治学严谨、以生为本。当我提出留学意向时，是郑老师给予我支持。当我对研究课题产生怀疑时，是郑老师给我鼓励。而且我应该是郑老师带的唯一一个跨学科博士研究生。因此，从学术研究到学业管理，六年来郑老师对我付出的心力远超其它博士生，他对我的孜孜教诲才使我获得了如今的成就，我由衷地感谢这位如父亦友的好导师。

国家数字化学习工程研究中心的刘三女牙教授是我在教育技术学专业上的联合培养导师，此博士论文就是在他的指导下搭建起的基本框架。他学术造诣深厚，对我的毕业论文总是能提出中肯的专业意见。刘老师承担着繁重的行政事务和科研任务，但他为人亲和，从不怠慢我在学业上提出的请求。我衷心感谢这位集人品、才智于一身的优秀导师，祝愿他身体健康、万事如意。

我还要感谢我的另一位导师，哈佛大学的天文教授 Alyssa Goodman。很荣幸在 2013 年获得国家留学基金委的奖学金赴哈佛-史密松天体物理中心（CfA）联合培养一年。在留学期间，Alyssa 不仅教会我如何做教育研究，如何进行数据分析，还在生活上对我关怀备至。曾经她特地发邮件告诉我哥伦布日放假不用上班，邀请我去她家挖南瓜过万圣节，参加新年派对，临走时还举办午餐欢送会，让人感动不已。Patricia Udomprasert 是 WWTA 项目的管理人，非常感谢她带我进入美国中学进行教学实践，研讨教学成果，参加各种科技节活动。Philip Sadler 和 Roy Gould 是我 Predoctoral Research Review Committee 中的另外两位委员，他们对我的研究项目进行中期和末期考核，在此过程中给予了宝贵意见和建议，也让我真正见识到天文教育研究者的才识与风范。Sarah Block 的秘书工作尽职尽责，对我顺利出国以及在国外生活和学习提供了很大的帮助。非常感谢你们让我在美国度过了一段愉快的时光。

在读博期间，我还与华中师范大学的乔翠兰副教授，国家天文台的崔辰州老师和樊东卫老师有过多次合作，亦师亦友的关系不仅让我们顺利完成工作，还让我有机会倾吐学业、生活和情感方面的琐事。谢谢你们一直以来对我的关心与支持。

感谢华中师范大学天体物理研究所的同门，毛竹、黄熙、谈伟伟、程泉师兄，李少泽、汪卫华、陈尚明、刘建峰、倪书磊、窦世明、田坤、布绍军、栾泽、王东京师弟，马静、郑戊娟



师妹在学习和生活中对我的帮助。虽然跟你们专业不同，但是我在 91223 学习室的四年中一直有种集体归属感，这种温暖是我在读研期间最美好的记忆。

在生活中，我的室友陈云博士给予了我诸多帮助和包容。她作息规律，学习勤恳，对我的生活习惯和学业态度都有积极的影响，在此祝愿她顺利毕业并获得一份理想的工作。我的大学同学朱少姣和陈金娟分别已在上海和安徽工作，她俩经常致信问候我，在我低落时开导和鼓励我，聆听我的倾诉，在精神层面上有这样相知相伴的朋友是件幸福的事情。在图书馆撰写博士毕业论文期间认识了一位物理学院的学妹韩慧，我们每天一起吃饭、学习和运动，监督彼此也鼓励彼此，让我体会到了朋友相伴的力量。希望她能顺利出国，坚持做自己想做的事情。

其实，我想隆重感谢的是我的父母和姐姐，也许你们至今都不懂我在研究什么，可是你们一如既往地鼓励我完成博士学业，有你们的理解和支持才能让我坚定地走到现在。再华丽的文字都不足以言表我的心意，我只想用我一生的行动去感恩、去回馈你们。我也希望能通过本文向我的恋人证明，我有能力、有毅力，也有自己的梦想。我们在波士顿有美好的开始，接着是平凡的异地和痛苦的磨合，不管今后是否能携手步入婚姻的殿堂，我都无比珍视这份情感。

时光飞逝，遥想当年懵懂无知的我来到华师，如今带着人生目标离开校园。这段历程在别人看来是风光亮丽，但只有自己知道这其中的坎坷艰辛。好在收获远大于遗憾，欢笑远多于泪水，成长与蜕变是我对研究生生涯的总结陈词。我必须感谢华中师范大学的培育，感谢我生命中出现的家人、朋友、老师以及同学，我真的很知足。

王 琴

二零一六年五月

于武汉华中师大桂子山